

DE2730785

Publication Title:

OPTISCHES SYSTEM MIT LINSENRASTER

Abstract:

Abstract not available for DE2730785 Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

51

Int. Cl. 2:

G 02 B 27/22

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



DE 27 30 785 A 1

11

Offenlegungsschrift 27 30 785

21

Aktenzeichen:

P 27 30 785.3

22

Anmeldetag:

7. 7. 77

43

Offenlegungstag:

25. 1. 79

31

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung:

Optisches System mit Linsenraster

71

Anmelder:

Rosenthal, Bruce A., Greenwich, Conn. (V.St.A.)

74

Vertreter:

Lorenz, E.; Seidler, B.; Seidler, M.; Gossel, H.K., Dipl.-Ing.;
Wulf, R., Dipl.-Chem.; Judis, R.M., Dr.; Rechtsanwälte, 8000 München

72

Erfinder:

gleich Anmelder

DE 27 30 785 A 1

Patentansprüche:

1. Optisches System, dadurch gekennzeichnet, daß es ein durchsichtiges Flächengebilde besitzt, das auf der einen Seite mit einer ebenen Fläche und auf der entgegengesetzten Seite mit zahlreichen parallelen Rasterlinsenrippen ausgebildet ist, und daß ein Teilbild vorgesehen ist, das im Bereich der ebenen Fläche des durchsichtigen Flächengebildes fest angeordnet ist und aus mehreren in Abständen voneinander angeordneten, parallelen Streifen besteht, die Bildzeilen bilden und zwischen denen durchsichtige Streifen angeordnet sind, durch die das Licht hindurchtreten kann, als wäre dort kein Material vorhanden.
2. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß unter dem erstgenannten Teilbild ein zweites Teilbild angeordnet ist.
3. Optisches System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Teilbild aus zahlreichen in Abständen voneinander angeordneten, parallelen Streifen besteht, die unter den durchsichtigen Streifen angeordnet sind.
4. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß alle Streifen annähernd gleich breit sind und die Breite jeder Rasterlinsenrippe der Gesamtbreite eines der Bildzeilen bildenden Streifen und eines ihm benachbarten durchsichtigen Streifens des genannten Teilbildes entspricht.

409884/0150

5. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Teilbild auf einem Bildblatt vorgesehen ist.

6. Optisches System nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Bildblatt auf eine ebene Fläche eines durchsichtigen Flächengebildes kaschiert ist.

7. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Bildblatt auf eine ebene Fläche eines durchsichtigen Flächengebildes gedruckt ist.

8. Optisches System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Teilbild auf einem Bildblatt vorgesehen ist.

9. Optisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das mit dem zweiten Teilbild versehene Bildblatt im Abstand von dem erstgenannten Teilbild angeordnet ist.

10. Optisches System nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem erstgenannten Teilbild und dem mit dem zweiten Teilbild versehenen Bildblatt ein Gegenstand angeordnet ist, der nur bei der Betrachtung des zweiten Teilbildes durch die durchsichtigen Streifen hindurch sichtbar ist.

11. Optisches System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das erstgenannte und das zweite Teilbild unabhängig voneinander auswechselbar sind.

12. Uhr, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein durchsichtiges Flächengebilde besitzt, das auf der einen Seite mit einer ebenen Fläche und auf der entgegengesetzten Seite mit mehreren parallelen Rasterlinsen ausgebildet ist, daß ferner ein erstes Teilbild vorgesehen ist, das im Bereich der ebenen Fläche des durchsichtigen Flächengebildes fest angeordnet ist und zahlreiche in Abständen voneinander angeordnete, Bildzeilen bildende, parallele Streifen und zwischen diesen angeordnete, durchsichtige Streifen besitzt, daß ein zweites Teilbild vorgesehen ist, und daß unter dem zweiten Teilbild in einem Uhrgehäuse ein Uhrwerk vorgesehen ist, das mit Uhrzeigern in Wirkungsverbindung steht, die durch das durchsichtige Flächengebilde hindurch sichtbar sind.

13. Uhr nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Teilbild ein Zifferblatt darstellt.

14. Optisches System nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Uhrzeiger zwischen dem ersten und dem zweiten Teilbild angeordnet sind, so daß sie bei der Betrachtung des ersten Teilbildes nicht sichtbar und bei der Betrachtung des zweiten Teilbildes sichtbar sind.

15. Uhr nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Teilbild unabhängig von dem zweiten Teilbild auswechselbar ist.

16. Uhr nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß über dem durchsichtigen Flächengebilde ein durchsichtiger Uhrdeckel vorgesehen ist.

17. Uhr nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das durchsichtige Flächengebilde ein Uhrarmband bildet, unter dem das Uhrgehäuse angeordnet und das mit dem ersten Teilbild versehen ist, während das Gehäuse das zweite Teilbild enthält, so daß bei einer Betrachtung des Uhrarmbandes in einer Richtung das erste Teilbild und bei einer Betrachtung des Uhrarmbandes in einer anderen Richtung durch einen Teil des Uhrarmbandes hindurch das Zifferblatt sichtbar ist.

18. Optisches System, dadurch gekennzeichnet, daß unter einem zahlreiche Rasterlinsen aufweisenden Linsenraster ein Gitter vorgesehen ist, das für Sichtlinien, die in einer ersten Richtung in den Linsenraster eintreten, durchlässig und für in einer zweiten Richtung in den Linsenraster eintretende Sichtlinien undurchlässig ist.

19. Optisches System nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß unter dem Gitter ein Informationsträger so angeordnet ist, daß auf ihm vorgesehene Information nur bei einer Betrachtung mit Sichtlinien sichtbar ist, die in der ersten Richtung in den Linsenraster eintreten.

20. Optisches System nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Gitter mit Informationen versehen ist, die bei einer Betrachtung mit Sichtlinien sichtbar sind, die in der zweiten Richtung in den Linsenraster eintreten.

21. Optisches System nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Gitter mit einem Teilbild versehen ist, das gegenüber der Unterseite des Linsenrasters festgelegt ist und aus zahlreichen in Abständen voneinander angeordneten, parallelen Streifen und zwischen ihnen angeordneten durchsichtigen Streifen besteht.

22. Optisches System nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Gitter parallel zueinander untereinander angeordnet sind und jedes dieser Gitter eine Sichtlinie sperrt, die in einer bestimmten, dem betreffenden Gitter zugeordneten Richtung in den Linsenraster eintritt, und alle Sichtlinien durchläßt, die in einer beliebigen anderen Richtung in den Linsenraster eintreten.

BRUCE A. ROSENTHAL
Greenwich, Connecticut (V. St. A.)

Optisches System mit Linsenraster

Die Erfindung betrifft allgemein ein optisches System, insbesondere ein optisches System mit einem Linsenraster zum Betrachten verschiedener Bilder, die aus mehreren Teilbildern zusammengesetzt sind.

Es ist bekannt, in optischen Systemen Linsenraster zum Erzielen verschiedenartiger optischer Effekte zu verwenden. In den bekannten Systemen mit Linsenrastern ist gewöhnlich eine durchsichtige Scheibe vorhanden, die auf der einen Seite eine ebene Fläche und auf der anderen Seite eine Reihe von parallelen Längsrippen mit annähernd parabolischen oder kreisförmigen, glatten Flächen besitzt, die konvexe Linsen bilden. Auf der Rückseite des Linsenrasters wird auf der ebenen Fläche oder in geringem Abstand von ihr ein bedrucktes Blatt angeordnet. Dieses bedruckte Blatt ist mit mindestens zwei miteinander abwechselnden oder wiederholt aufeinanderfolgenden Sätzen von in Abständen voneinander angeordneten Bildzeilen bedruckt. Jeder dieser Sätze von Bildzeilen stellt einen entsprechenden Teil eines Originalbildes dar. Die beiden Bildzeilensätze sind den Rasterlinsen

optisch so zugeordnet, daß je nach der Stellung der Augen des Betrachters relativ zu den Rasterlinsen die Bildzeilen des einen oder anderen Satzes für den Betrachter sichtbar sind, der somit in einer Stellung das erste Teilbild und in einer anderen Stellung das zweite Teilbild erkennen kann.

Man kann mit Hilfe dieses Systems mit Linsenraster auch eine räumliche Bildwirkung erzielen, wenn das eine Teilbild dem Anblick eines mit dem rechten Auge und das andere Teilbild dem Anblick desselben, aber mit dem rechten Auge mit normaler Augenparallaxe betrachteten Objekts entspricht. In diesem Fall werden die Rasterlinsen längs einer Linie angeordnet, die rechtwinklig ist zu einer gedachten Geraden, welche die beiden Pupillen des Betrachters verbindet. Die konvexen Linsen erzeugen dann den gewünschten optischen Effekt, der darin besteht, daß die von den Bildzeilen kommenden Lichtstrahlen so abgelenkt werden, daß die von den Bildzeilen für das rechtsäugige Teilbild kommenden Lichtstrahlen in das rechte Auge und die von den Bildzeilen für das linksäugige Teilbild kommenden Lichtstrahlen in das linke Auge des Betrachters gelangen, der somit den Eindruck eines räumlichen Bildes erhält.

Optische Systems mit Linsenraster sind schon für die verschiedensten Zwecke verwendet worden, beispielsweise bei Spielzeug und anderen Gegenständen für Unterhaltungszwecke; sie sind aber auch schon für ernsthaftere Zwecke verwendet worden, beispielsweise in Vorrichtungen, die zum Unterricht dienen, wobei das eine Teilbild Fragen und das andere Teilbild entsprechende Antworten enthält, ferner für

medizinische Geräte zum Erkennen von Unterschieden zwischen Röntgenbildern und Proben usw., sowie in der Photographie, in der Drucktechnik und in Systemen zum Betrachten von Anschauungsmaterial.

In der US-PS 3 586 592 ist angegeben, wie man ein System mit Linsenraster zum Erzeugen eines räumlichen Bildes verwenden kann. Es wird ein Hohlspiegel verwendet, auf dem verschiedene Schlieren miteinander abwechseln. Die Verwendung von Linsenrastern zum Betrachten von zwei verschiedenen Bildern ist beispielsweise in den US-PS 3 225 457 und 2 832 593 beschrieben. Dabei behandelt die US-PS 3 225 457 die Verwendung von Linsenrastern in Unterrichtshilfen und die US-PS 2 832 593 die Verwendung von Linsenrastern in einem Betrachtungsgerät zum Spielen. In beiden Patentschriften ist angegeben, daß die beiden Teilbilder auf einem einzigen Blatt angeordnet sind, das unter dem Linsenraster angeordnet wird. In der US-Patentschrift 3 832 032 ist ein Linsenraster beschrieben, der zusammen mit einer Bildwand verwendet wird, auf deren Rückseite ein Projektor vorgesehen ist. Dabei ist die Rasterscheibe auf ihrer ebenen Fläche mit mehreren lichtzerstreuenden Streifen und mit diesen abwechselnden lichtabsorbierenden Streifen versehen, damit eine Beeinträchtigung des Kontrasts eines durch die Bildwand hindurch projizierten Bildes vermieden wird. In verschiedenen älteren Patentschriften sind mehrlagige Linsenraster beschrieben. Beispielsweise wird gemäß der US-PS 3 213 753 ein derartiger mehrlagiger Raster zur Lichtpolarisation verwendet. Die US-PS 3 706 486 lehrt die Verwendung von mehrlagigen Linsenrastern für photographische Zwecke. Dabei sind in einer Lage Blendenöffnungen zur Verbesserung der Schärfentiefe vorgesehen. Gemäß der US-PS 3 827 783 sind zwischen ebenen Flächen von Scheiben Rasterlinsen vorgesehen, die dazu dienen, durch die

Scheiben getretenes Licht zu reflektieren oder zu fokussieren.

Die US-PS 3 827 798 beschreibt ein optisches Gerät, in dem diskrete Linsenflächen von optischen Elementen von herabgesetzter Dicke gebildet werden. Gemäß der US-PS 3 781 091 wird ein optisches Element mit unterschiedlich dicken Teilen zum Modulieren eines optischen Bildes verwendet.

Linsenraster sind auch schon für verschiedene andere Zwecke verwendet worden. Beispielsweise ist gemäß der US-PS 3 721 818 ein Linsenraster in Form einer Deckenleuchte beschrieben, die für das Licht einer darin eingeschlossenen Lichtquelle durchlässig ist. Gemäß der US-PS 2 740 954 kann ein Linsenraster als Betrachtungsscheibe für einen Bildschirm verwendet werden, wobei der Linsenraster die Zeilen des Fernsehbildes optisch in Reihen von Rasterpunkten auflöst. Die US-PS 3 526 451 beschreibt Haftschalen mit zwei nebeneinander angeordneten Linsenrastern. Man kann auch Rasterlinsen aus verschieden geformten Teilen derart zusammensetzen, daß das durch einen Teil des Formkörpers tretende Licht durch einen anderen Teil der geformten Linse tritt und daher in Abhängigkeit von dem Einfallswinkel des Lichtes unterschiedliche optische Effekte erzielt werden. Gemäß der US-PS 3 565 733 kann man den Wirkungsgrad derartiger Linsenraster erhöhen, indem man die Rasterlinsen auf einer Scheibe in kleinen Abständen voneinander anordnet, damit die Scheibe weniger Licht absorbiert. In der US-PS 3 449 158 ist ein Verfahren zum Herstellen eines phasenbeeinflussenden linsenrasterähnlichen Verbundkörpers beschrieben, mit dem ähnliche Effekte wie mit Linsenrastern erzeugt werden können.

Ein schwerwiegender Nachteil der bekannten Systeme mit Linsenrastern besteht darin, daß man damit nur jeweils bestimmte Kombinationen von Teilbildern betrachten kann. Da die beiden zu betrachtenden Teilbilder auf ein und demselben bedruckten Blatt in miteinander abwechselnden Bildzeilen vorgesehen sind, kann man den Linsenraster jeweils nur zum Betrachten der beiden auf dasselbe Blatt gedruckten Teilbilder verwenden. Wenn man eins der Teilbilder ändern will, muß man auch das andere Teilbild ändern bzw. neu drucken. Dadurch wird aber das Anwendungsgebiet des Systems mit Linsenraster sehr stark eingeschränkt, weil immer nur zwei bestimmte Bilder betrachtet und zwei bestimmte Sätze von Informationen miteinander verglichen werden können. Dagegen ist es im allgemeinen nicht möglich, nur ein Bild auszuwechseln, das andere aber beizubehalten.

Diese Möglichkeit des Auswechselns eines Teilbildes bei Beibehaltung des anderen wäre für viele Zwecke sehr vorteilhaft. Beispielsweise könnte man dann ein Teilbild festlegen und das andere ständig verändern und dadurch einen Vergleich zwischen mehreren Veränderlichen einerseits und einer konstanten Bezugsgröße ermöglichen. Beim Vergleich von Röntgenbildern könnte man ein fest angeordnetes Röntgenbild verwenden, das einen Normalzustand darstellt und mit mehreren einzeln nacheinander in Stellung gebrachten Röntgenbildern verglichen wird. Das fest angeordnete Bild könnte auch einen dunklen Teil haben, der ein vollkommen schwarzes Bild ergibt. Dann kann man für verschiedene Darstellungen eine Anzahl von anderen Bildern verwenden, die gegeneinander ausgetauscht werden können. Wenn der Betrachter den Betrachtungswinkel ändert, sieht er ähnlich wie bei einem automatischen Diaprojektor zwischen den beiden aufeinanderfolgenden Darstellungen jeweils ein schwarzes Bild.

Ferner könnte man derartige Einrichtungen in Spielzeug oder Schmuck verwenden, wobei ein Bild fest angeordnet und das andere Bild auswechselbar ist, so daß man eine Anzahl von unterschiedlichen Spielgegenständen oder Schmuckstücken erhalten kann. Beispielsweise kann das fest angeordnete Teilbild das Zifferblatt einer Uhr darstellen, während die auswechselbaren zweiten Teilbilder unterschiedlich gestaltet sind, so daß je nachdem, welches dieser zweiten Teilbilder eingesetzt worden ist, bei der Betrachtung in einer der beiden Betrachtungsrichtungen jeweils ein anderes Bild erscheint.

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Schaffung eines optischen Systems, das einen Linsenraster besitzt und ein Auswechseln jedes der beiden betrachteten Teilbilder unabhängig von dem anderen ermöglicht.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht in der Schaffung eines optischen Systems mit einem ersten Teilbild, das durch einen Linsenraster betrachtet werden kann und aus mehreren in Abständen voneinander angeordneten, parallelen Streifen und zwischen diesen angeordneten, durchsichtigen Streifen besteht.

Ferner besteht eine Aufgabe der Erfindung in der Schaffung eines optischen Systems mit einem Linsenraster, einem ersten Teilbild, das in einer ersten Ebene liegt, und einem zweiten Teilbild, das unterhalb der ersten Ebene in einer zweiten Ebene liegt, wobei die in beiden Ebenen angeordneten Teilbilder durch die Rasterlinsen hindurch betrachtet werden können und die zweite Ebene Information enthält, die durch Projektion von vorn, von hinten oder von innen erzeugt worden ist.

Die Erfindung hat ferner die Aufgabe, ein optisches System zu schaffen, das einen Linsenraster und mindestens zwei Teilbilder besitzt, die durch den Linsenraster hindurch wahlweise betrachtet werden können, sowie einen Gegenstand, der nur bei Betrachtung eines der Teilbilder erkennbar ist.

Ferner besteht eine Aufgabe der Erfindung in der Schaffung eines optischen Systems, das einen Linsenraster besitzt und derart mit einer Uhr kombiniert ist, daß unter verschiedenen Betrachtungswinkeln je eines von zwei Bildern erkennbar ist.

Die Erfindung hat ferner die Aufgabe der Schaffung einer Uhr, die mit einem System mit Linsenraster versehen ist, das es ermöglicht, durch das Uhrglas hindurch unter einem Betrachtungswinkel ein Zifferblatt und unter einem anderen Betrachtungswinkel ein Bild oder andere Informationen zu erkennen.

Außerdem besteht eine Aufgabe der Erfindung in der Schaffung einer Uhr mit einem optischen System mit einem Linsenraster, durch den hindurch unter einem Betrachtungswinkel ein erstes Teilbild erkennbar ist, das ein Zifferblatt darstellt, und unter einem zweiten Betrachtungswinkel ein zweites Teilbild, wobei die Zeiger der Uhr nur bei Betrachtung des Zifferblattes erkennbar sind.

Weiter besteht eine Aufgabe darin, bei der Lösung aller vorstehend genannten Aufgaben die Einschränkungen und Nachteile der bekannten Systeme mit Linsenraster zu vermeiden.

Gemäß der Erfindung besitzt ein optisches System ein durchsichtiges Flächengebilde, das auf einer Seite eine ebene Fläche besitzt und dessen entgegengesetzte Fläche von zahlreichen parallelen Rasterlinsen gebildet wird. Nun wird ein erstes Teilbild, das aus zahlreichen, in Abständen voneinander angeordneten, parallelen Streifen und zwischen diesen angeordneten, durchsichtigen Streifen besteht, im Bereich der ebenen Fläche des durchsichtigen Flächengebildes fest angeordnet. Dann kann man ein zweites Teilbild, das ebenfalls aus zahlreichen in Abständen voneinander angeordneten, parallelen Bildstreifen besteht, unter dem ersten Teilbild so anordnen, daß die Bildstreifen des zweiten Teilbildes unter den durchsichtigen Streifen des ersten Rasterbildes zu liegen kommen.

Die Erfindung schafft ein optisches System mit einem Linsenraster und einem durch diesen hindurch zu betrachtenden, ersten Teilbild, das aus zahlreichen in Abständen voneinander angeordneten, parallelen Bildstreifen und zwischen diesen angeordneten, durchsichtigen, bildfreien oder leeren Streifen besteht. Unter dem ersten Teilbild kann man in einer zweiten Ebene ein zweites Teilbild oder eine Zeichendarstellung anordnen. Bei der Betrachtung unter einem Winkel erkennt man das erste Teilbild. Bei der Betrachtung unter einem zweiten Winkel erkennt man durch die durchsichtigen oder bildfreien Streifen des ersten Teilbildes hindurch das zweite Teilbild. Dieses optische System kann beispielsweise in einer Uhr verwendet werden.

Zum besseren Verständnis der Erfindung werden Ausführungsbeispiele derselben nachstehend an Hand der Zeichnungen beschrieben, in denen gleiche Bezugszeichen

gleiche oder ähnliche Teile bezeichnen. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung der optischen Grundlagen der Funktion der bekannten Linsenraster,

Fig. 2 eine schematische Darstellung der optischen Grundlagen der Funktion einer Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 3 schematisch eine zweite Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 4 schaubildlich mit auseinandergezogenen Teilen eine Ausführungsform des optischen Systems mit Linsenraster gemäß der Erfindung.

Fig. 5A und 5B zeigen in isometrischen Darstellungen eine Uhr mit dem optischen System gemäß der Erfindung, wobei auch die beiden zu betrachtenden Teilbilder gezeigt sind.

Fig. 6 zeigt in einer isometrischen Darstellung die auseinandergezogenen Hauptteile einer nach einer Ausführungsform der Erfindung ausgebildeten Uhr.

Fig. 7 zeigt in einem Vertikalschnitt eine erfindungsgemäß ausgebildete Uhr, in welcher der Linsenraster selbst das Zifferblatt bildet.

Fig. 8 zeigt eine abgeänderte Ausführungsform der Uhr gemäß Fig. 7 mit einem Armband, das vollständig aus Linsenrastermaterial besteht.

Nachstehend wird der Gegenstand der Erfindung an Hand der Zeichnungen beschrieben. Danach werden bestimmte Merkmale der Erfindung an Hand der Zeichnungen

ausführlich erläutert.

In Fig. 1 ist ein System mit Linsenraster nach dem Stand der Technik schematisch dargestellt. Dieses System besitzt eine Linsenrasterscheibe 10, die auf der einen Seite mit einer ebenen Fläche 12 und auf der anderen Seite mit einer kontinuierlichen Folge von Rasterlinsen in Form von Rippen 14 ausgebildet ist. Unter der Linsenrasterscheibe befindet sich ein Blatt 16 mit zwei Sätzen von miteinander abwechselnden Bildzeilen 18, 20. Die Bildzeilen 16 wurden durch das Zerlegen eines ersten Originalbildes und die Bildzeilen 18 durch das Zerlegen eines zweiten Originalbildes erhalten. Die beiden Sätze von Bildzeilen sind so angeordnet, daß der Betrachter je nach der Stellung seiner Augen relativ zu dem Linsenraster die Bildzeilen des einen oder anderen Satzes erkennen kann.

Wenn man das System gemäß Fig. 1 in der Richtung der Sichtlinien 9 betrachtet (Teil A), treffen diese auf dem Linsenraster unter einem solchen Winkel auf, daß sie gebrochen und zu den Bildzeilen 18 hin abgelenkt werden, so daß der Betrachter ein zusammenhängendes, vollständiges Bild erkennt, das dem ersten Originalbild entspricht.

Wenn man dagegen das System gemäß Fig. 1 in der Richtung der Sichtlinien 11 betrachtet (Teil B), treffen diese auf den gekrümmten Flächen 14 unter einem solchen Winkel auf, daß nur die Bildelemente 20 sichtbar sind und der Betrachter daher ein zusammenhängendes, vollständiges Bild erkennt, das dem zweiten Originalbild entspricht.

Bei der bekannten Einrichtung sind Bildelemente beider Teilbilder in Form von miteinander abwechselnden Bildzeilen auf einem einzigen Blatt 16 angeordnet, das in einer einzigen Ebene unter dem Linsenraster liegt. Wenn man daher eines der Teilbilder, z. B. das Teilbild 18, auswechseln will, muß man das ganze Blatt 16, d. h. auch das andere Teilbild 20, auswechseln.

In der Fig. 2 sind nun die optischen Grundlagen dargestellt, welche gemäß der Erfindung neuartige Effekte ermöglichen. Die Bilder werden wieder durch einen Linsenraster 10 hindurch betrachtet, doch ist im Anschluß an dessen ebene Fläche 12 ein erstes Bildblatt 22 angeordnet, das nur das erste Teilbild enthält. Dieses Bild besteht aus zahlreichen, in Abständen voneinander angeordneten, parallelen Streifen, die durch Zerlegen des ersten Originalbildes erhalten worden sind und mit durchsichtigen Streifen 26 des ersten Bildblattes abwechseln. Unter dem ersten Bildblatt befindet sich ein zweites Bildblatt 24, welches das zweite zu betrachtende Teilbild enthält. In der Ausführungsform gemäß Fig. 2 besteht auch das zweite Teilbild aus zahlreichen in Abständen voneinander angeordneten parallelen Streifen 20, die unter den durchsichtigen Streifen 26 angeordnet sind. Die Zwischenräume 28 zwischen den parallelen Streifen 20 des zweiten Teilbildes können ebenfalls durchsichtig sein.

Bei der Betrachtung des in Fig. 2 gezeigten Systems in der Richtung der Sichtlinien 9 (Teil A) treffen diese auf den Rasterlinsen unter einem solchen Winkel auf, daß die Sichtlinien so abgelenkt werden, daß die Bildzeilen 18 erkennbar sind und ein zusammenhängendes, vollständiges Bild ergeben, das dem ersten Originalbild entspricht.

Bei der Betrachtung in der Richtung der Sichtlinien 11 (Teil B) treffen diese auf den Rasterlinsen unter einem solchen Winkel auf, daß die Sichtlinien zu den durchsichtigen Streifen 26 hin abgelenkt werden und der Betrachter durch diese hindurch die unter ihnen angeordneten parallelen Streifen 20 des zweiten Teilbildes erkennt, die ein zusammenhängendes, vollständiges Bild ergeben, das dem zweiten Originalbild entspricht.

In den Teilen A und B der Fig. 1 und 2 sind die verschiedenen Betrachtungsrichtungen nur der besseren Verständlichkeit der Erklärung wegen voneinander getrennt dargestellt. Tatsächlich kann der Betrachter durch bloße Änderung des Betrachtungswinkels wahlweise das eine und das andere Teilbild erkennen, ohne daß er dazu seine Stellung zu verändern braucht.

In der Fig. 3 ist dargestellt, daß das mit dem zweiten Teilbild versehene, zweite Bildblatt 24 nicht aus zahlreichen in Abständen voneinander angeordneten, parallelen Streifen zu bestehen braucht, die durch Zerlegen des Originalbildes erhalten wurden, sondern auch mit einem durchgehenden zweiten Teilbild versehen werden kann. In diesem Fall ist durch die durchsichtigen Streifen 26 in dem ersten Bildblatt 22 hindurch scheinbar das ganze zweite Teilbild sichtbar.

Man kann in der angegebenen Weise Bildblätter verwenden, die durch Bedrucken oder Kaschieren oder auf andere Weise mit den entsprechenden Teilbildern versehen worden sind. Man kann das erste Teilbild aber auch erhalten, indem man die zahlreichen in Abständen voneinander angeordneten, parallelen Streifen durch Drucken oder

Kaschieren direkt auf der ebenen Fläche 12 des Linsenrasters anbringt.

Fig. 4 zeigt die wesentlichen Teile des optischen Systems gemäß der Erfindung mit dem Linsenraster 10, dem ersten Bildblatt 22 und dem zweiten Bildblatt 24. Das zweite Bildblatt ist unter dem ersten Bildblatt 22 in einer anderen Ebene als dieses angeordnet, so daß man jedes der Teilbilder auswechseln kann, ohne das andere Teilbild zu beeinflussen. Wenn das erste Bildblatt 22 beispielsweise Information in Form eines Satzes von Normalkurven enthält, kann man das zweite Bildblatt 24 auswechseln, das beispielsweise verschiedene Meßwertkurven darstellt. Zum Vergleich der Normalkurven mit den Meßwertkurven braucht der Betrachter dann bei der Betrachtung der Bildblätter durch den Linsenraster hindurch nur den Betrachtungswinkel zu verändern. Ferner kann man zum Vergleich von Röntgenaufnahmen das erste Bildblatt 22 mit einer Röntgenaufnahme versehen, die einen Normalzustand darstellt, und durch den Vergleich dieses Bildes mit einer Reihe von anderen Röntgenbildern Veränderungen gegenüber dem Normalzustand erkennen.

Andererseits kann man auch das erste Bildblatt 22 auswechseln und das andere Bildblatt 24 an Ort und Stelle belassen. Wenn beispielsweise in einer Lehrvorrichtung das Blatt 22 eine bestimmte Wortfolge oder eine Frage enthält, kann man durch Auswechseln des Blattes 22 diese Wortfolge oder Frage verändern, während das Blatt 24 an Ort und Stelle bleibt. Da die Bildblätter 22 und 24 in verschiedenen Ebenen angeordnet sind, kann man diese beiden Ebenen in Abständen voneinander anordnen, so daß zwischen den Blättern 22 und 24 ein

dreidimensionaler Gegenstand angeordnet werden kann, der dann bei der Betrachtung des auf dem Blatt 22 vorgesehenen, ersten Teilbildes nicht sichtbar ist. Wenn der Betrachter seine Betrachtungsrichtung dagegen so verändert, daß er durch die durchsichtigen Streifen des ersten Blatts hindurch das zweite Teilbild erkennen kann, ist er auch imstande, auf dem zweiten Teilbild die unter dem ersten Bildblatt angeordneten Gegenstände zu erkennen.

Vorstehend wurde die auf jedem Bildblatt vorgesehene Information als "Teilbild" bezeichnet, doch versteht es sich, daß das Teilbild nicht nur ein tatsächliches Bild, sondern Informationen und Zeichen jeder Art darstellen kann. Beispielsweise kann das erste Teilbild aus einer Folge von identischen, gleichfarbigen parallelen Streifen bestehen, so daß bei einer Verwendung von einheitlich schwarzen Streifen das erste Teilbild als einheitliche schwarze Fläche erscheint. Auch das zweite Teilbild kann aus gleichen Bildzeilen bestehen, welche dieselbe Farbe oder ein einheitliches Muster haben. Die durch Zerlegen der Originalbilder erhaltenen, parallelen Zeilen brauchen keine durchgehenden Streifen darzustellen, sondern können auch aus je einer Reihe von kleinen Punkten bestehen, wie das bei der Rasterätzung üblich ist, oder aus sehr feinen parallelen Linien, wenn das Blatt durch Photogravüre oder Drucken hergestellt worden ist.

Die Rippen können auf den Linsenrastern mit großen oder kleinen Abständen voneinander angeordnet sein. Beispielsweise kann man große Linsenraster mit etwa 6 Linsen pro cm und auch sehr kleine Linsenraster mit bis zu 46 Linsen pro cm herstellen. Ein Linsenraster mittlerer Größe kann

beispielsweise etwa 24 Linsen pro cm besitzen. Im allgemeinen kann man gute Ergebnisse erzielen, wenn unter jeder Linse zwei verschiedene Streifen angeordnet sind. Beispielsweise erkennt man in Fig. 2, daß unter jeder einzelnen Rasterlinse sowohl ein Streifen 18 als auch ein ihm benachbarter, durchsichtiger Streifen 26 angeordnet ist. Wenn man dieses Prinzip auf einen Linsenraster 10 mit 24 Rasterlinsen pro cm anwendet, kommt man bei Betrachtung von zwei Teilbildern bei dem Bildblatt 22 pro cm auf 48 parallele Streifen, und zwar 24 Bildzeilen 18 und 24 zwischen ihnen angeordnete, durchsichtige Streifen 26. Vorstehend wurde von nur zwei Teilbildern gesprochen, doch kann man auch mehr als zwei Teilbilder verwenden, die auf je einem Bildblatt vorgesehen und in untereinanderliegenden Ebenen angeordnet sind. Dabei besitzt jedes über einem gegebenen Bildblatt angeordnete Bildblatt durchsichtige Streifen, die eine Betrachtung jedes darunter angeordneten Bildblattes ermöglichen. Wenn beispielsweise vier Teilbilder betrachtet werden sollen, enthält das erste bzw. oberste Bildblatt zahlreiche, in Abständen voneinander angeordnete, parallele Streifen, die das erste Teilbild darstellen, und zwischen ihnen jeweils drei durchsichtige Streifen für die Betrachtung je eines der drei Teilbilder, die auf den darunter angeordneten Bildblättern vorgesehen sind. Dabei können die drei durchsichtigen Streifen natürlich einen einzigen Streifen bilden, der so breit ist, daß durch ihn hindurch die drei unter ihm angeordneten Bilder betrachtet werden können.

In der Beschreibung und den Patentansprüchen umfaßt der Ausdruck "Bild" jede Darstellung in Form eines Bildes, eines Musters, einer Schrift, eines Zeichens oder einer Information, die mit einer Druckmaschine gedruckt

oder von einem Künstler oder durch Schreiben oder photographisch oder auf beliebige andere Weise hergestellt worden ist. Der Ausdruck "durchsichtige Streifen" umfaßt sowohl Ausnehmungen als auch Streifen aus durchsichtigem Material.

Das erfindungsgemäße Betrachtungssystem mit Linsenraster kann für die verschiedenartigsten Zwecke angewendet werden. Nachstehend wird ein Anwendungsbeispiel beschrieben, bei dem neuartige Vorteile erzielt werden, die nach dem Stand der Technik nicht erzielbar sind. In Fig. 5 ist eine Uhr 30 dargestellt, die ein Gehäuse 32 und einen Deckel 34, beispielsweise ein Uhrglas besitzt. Das Gehäuse und das Uhrglas bilden zusammen eine Umschließung, die alle Teile einer üblichen Uhr enthält. Mit Hilfe eines an dem Gehäuse angebrachten Bandes 36 kann man die Uhr am Handgelenk befestigen. Diese Uhr ist mit einem erfindungsgemäßen System mit Linsenraster versehen, das so angeordnet ist, daß bei Betrachtung der Uhr durch das Uhrglas 34 hindurch der Betrachter in einer ersten Blickrichtung ein Bild 38 erblickt. Dies ist in Fig. 5A gezeigt. Bei einer Betrachtung unter einem nur wenig veränderten Winkel erblickt man dagegen gemäß Fig. 5B das Zifferblatt 40. Dabei sind die Uhrzeiger 42 nur zusammen mit dem Zifferblatt, aber nicht über dem in Fig. 5A dargestellten Bild 38 sichtbar. Dieser Effekt konnte bisher im allgemeinen nicht erzielt werden. In den meisten bekannten Uhren mit Linsenrastern kann man zwar wahlweise ein Bild und ein Zifferblatt sehen, doch sind die Zeiger sowohl auf dem Bild als auch auf dem Zifferblatt zu sehen, weil in den bekannten Uhren sowohl das Zifferblatt als auch das Bild aus parallelen Streifen bestehen und auf einem einzigen Blatt

vorgesehen sind. Daher müssen in den bekannten Uhren die Zeiger direkt über diesem einzigen Blatt angeordnet werden und sind die Zeiger bei der Betrachtung sowohl des Bildes als auch des Zifferblatts sichtbar. Erfindungsgemäß kann man die Zeiger über nur einem der Bildblätter anordnen, insbesondere über dem das Zifferblatt darstellenden Bildblatt, so daß bei der Betrachtung des Bildes die Zeiger nicht sichtbar sind.

Aus der Fig. 6 ist der Aufbau der Uhr noch besser erkennbar. Das Gehäuse 32 der Uhr enthält alle jene Teile, die für die einwandfreie Funktion einer Uhr erforderlich sind. Das Uhrglas 34 ist über dem Uhrgehäuse 32 angeordnet und bildet mit diesem zusammen eine Umschließung, in der unter dem Uhrglas 34 der Linsenraster 38 angeordnet ist. Unter diesem ist im Bereich seiner ebenen Fläche das erste Bildblatt 40 vorgesehen, das mit mehreren im Abstand voneinander angeordneten, parallelen Streifen 42, die das erste Teilbild darstellen, im Wechsel mit durchsichtigen Streifen 44 versehen ist. In einer Ebene unter dem ersten Bildblatt 40 befindet sich ein zweites Bildblatt 46, welches mit dem Bild des Zifferblatts versehen ist. Dieses kann entweder von einer Reihe von im Abstand voneinander parallel angeordneten Streifen gebildet werden oder ein vollständiges Bild sein. Die Zeiger 48 sind zwischen dem ersten und dem zweiten Blatt 40 bzw. 46 angeordnet und daher nur über dem Zifferblatt 46 sichtbar, bei der Betrachtung des Bildes auf dem ersten Blatt dagegen nicht erkennbar. Die Zeiger 48 sind in an sich bekannter Weise mechanisch mit dem Uhrwerk verbunden.

Außer dem Vorteil, der darin besteht, daß die Zeiger nur in einer der beiden Betrachtungsrichtungen sichtbar sind, wird der Vorteil erzielt, daß die Bilder ausgewechselt werden können, ohne daß das Zifferblatt ausgewechselt wird. Man kann eine Reihe von verschiedenen Uhren einfach dadurch erhalten, daß man verschiedene Uhren mit Bildblättern 40 mit unterschiedlichen Teilbildern versieht, während alle Uhren dieselben Zeiger und dasselbe Zifferblatt besitzen.

In der Ausführungsform gemäß Fig. 7 bildet der Linsenraster selbst das Uhrglas und sind die Bildzeilen des ersten Teilbildes direkt auf der Unterseite des Linsenrasters vorgesehen. Man kann auch Uhren mit mehreren Bildern versehen, die nacheinander betrachtet werden können, wenn mehrere Bildblätter untereinander angeordnet sind.

In der in Fig. 8 dargestellten Ausführungsform einer Armanduhr besteht das ganze Armband 50 aus Linsenrastermaterial, beispielsweise aus Kunststoff. Die unter dem Armband angeordnete Uhr 52 ist mit einem strichpunktartig angedeuteten Zifferblatt versehen. In dieser Ausführungsform hat das Armband das Aussehen einer einheitlichen Fläche, sofern es nicht unter jenem Winkel betrachtet wird, unter dem durch das Armband hindurch die Uhr sichtbar ist. Man kann durch das Armband hindurch auch wechselnde Musterungen erkennen, wenn man unter ihm zwei oder mehrere Musterungsbilder anordnet.

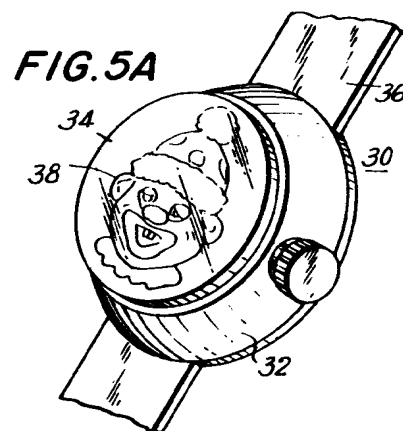
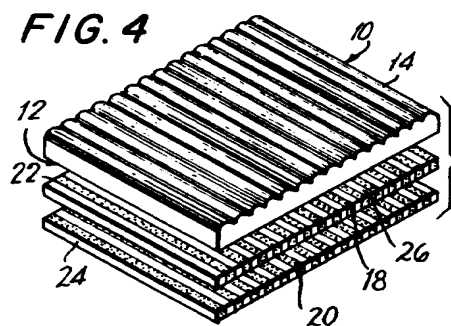
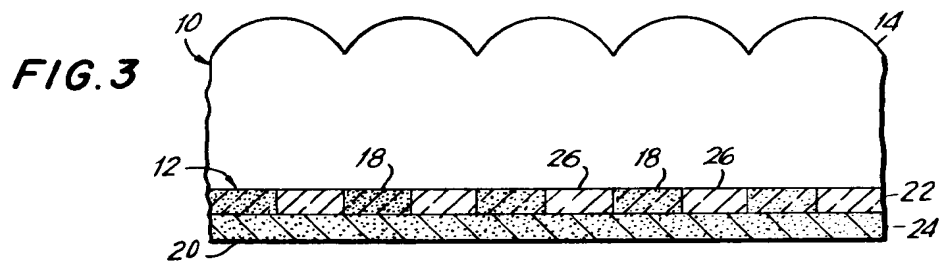
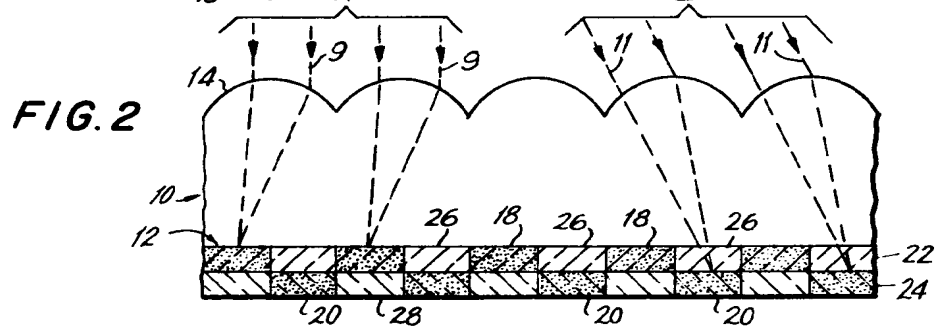
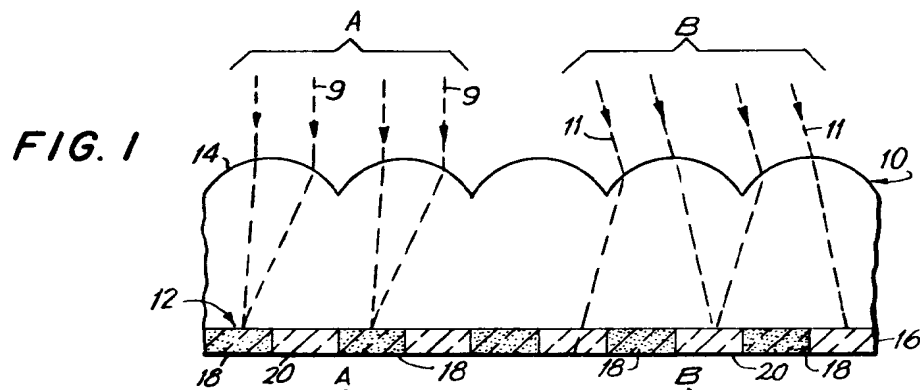
Die auf den Uhren vorgesehenen Bilder können Karikaturen, graphische Darstellungen, ein Photo des Benutzers oder andere Bilder sein. Man kann die Uhr

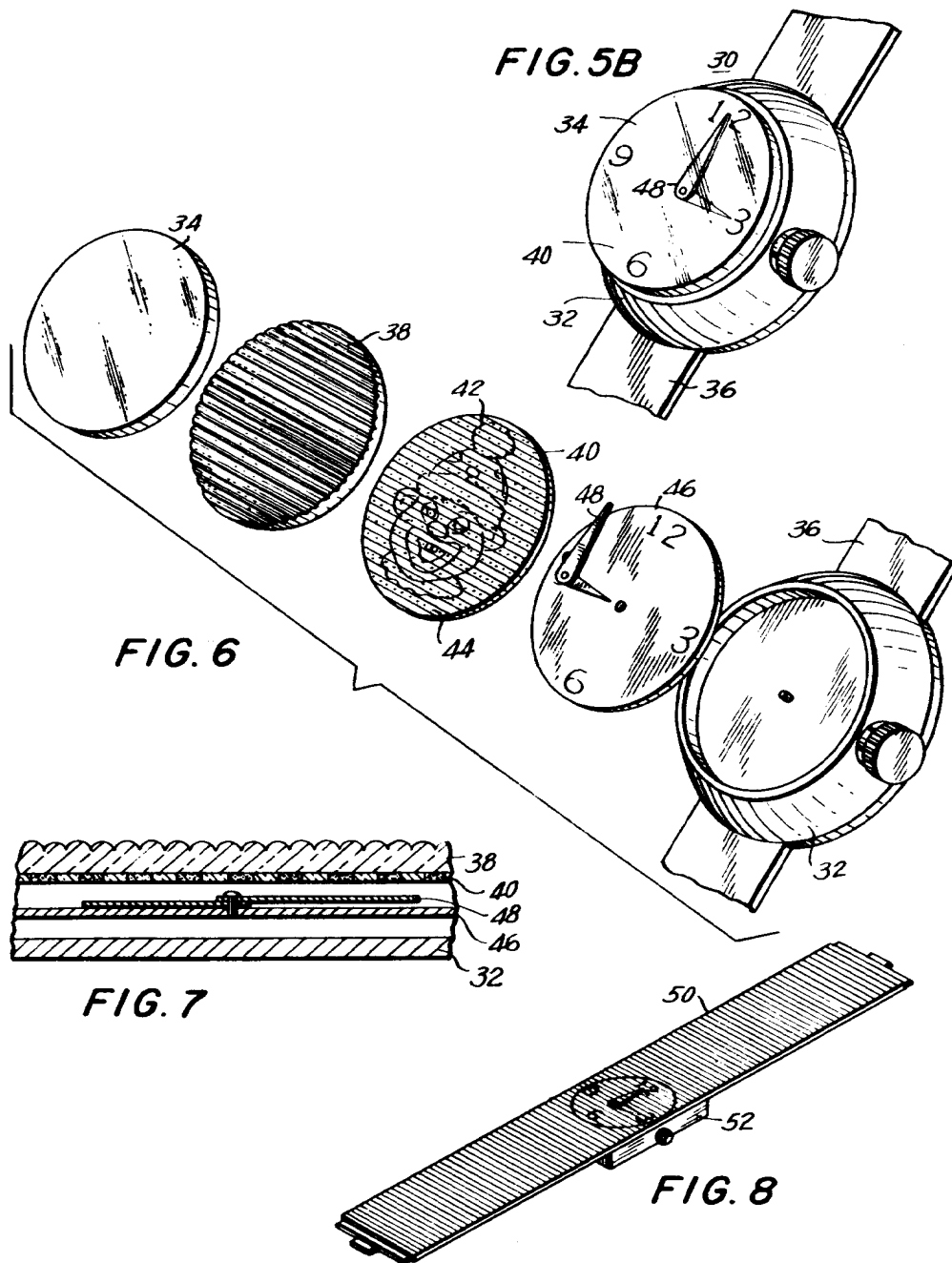
auch für Werbezwecke verwenden, indem man auf dem Zifferblatt oder dem zusätzlichen Bild eine Firmenmarke vorsieht.

Der vorstehend beschriebene Linsenraster besteht allgemein aus durchsichtigem Material, wie Celluloseacetat, Glas, durchsichtigem Kunststoff oder dergleichen. Die Erfindung kann auch auf Uhren mit Leuchtdioden angewendet werden oder auf Kleidungsstücke mit biegeelastischen Linsenrastern, durch die man entweder die Haut oder die Unterbekleidung des Trägers sehen kann oder ein vorherbestimmtes Muster aus vorgewählten Farben. Ferner kann die Erfindung beispielsweise auf Schuhe, Gürtel, Regenmäntel, Duschvorhänge, Bildwände und -schirme, Brieftaschen usw. angewendet werden.

Im Rahmen des Erfindungsgedankens kann der Fachmann die Lehre der Erfindung auch auf andere als die vorstehend beschriebenen und angegebenen Ausführungs- und Anwendungsbeispiele anwenden.

-25-
Leerseite





DE19920789

Publication Title:

Zur Verwendung in einem Kraftfahrzeug vorgesehene Anzeigeeinheit

Abstract:

Abstract not available for DE19920789 Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 20 789 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
B 60 K 35/00
B 60 K 37/02
G 01 D 13/00

⑳ Aktenzeichen: 199 20 789.5
㉒ Anmeldetag: 6. 5. 1999
㉔ Offenlegungstag: 4. 5. 2000

DE 199 20 789 A 1

⑥⑥ Innere Priorität:
198 50 573. 6 02. 11. 1998

⑦① Anmelder:
Mannesmann VDO AG, 60388 Frankfurt, DE

⑦④ Vertreter:
Klein, T., Dipl.-Ing. (FH), Pat.-Ass., 60388 Frankfurt

⑦② Erfinder:
Rupp, Christoph, 50825 Köln, DE

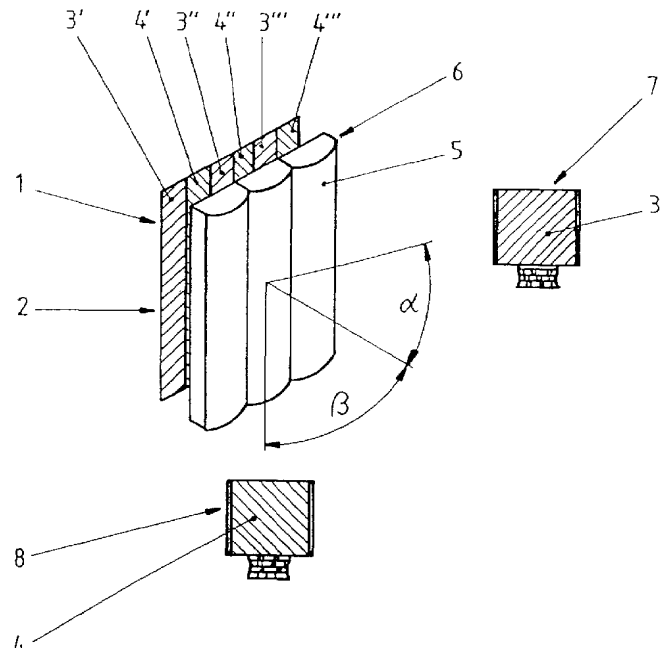
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE	197 46 764 A1
DE	197 37 942 A1
EP	08 96 897 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Zur Verwendung in einem Kraftfahrzeug vorgesehene Anzeigeeinheit

⑤⑦ Bei einer für ein Kraftfahrzeug bestimmten Anzeigeeinheit (1) dient ein Display (2) der Darstellung zweier unabhängiger und in abwechselnden Liniengruppen (3', 3'', 3''', 4' 4'', 4''') angeordneter Abbildungen (3, 4). Mittels eines mit einem Zylinderlinsenraster (5) versehenen optischen Elementes (6) ist aus einem ersten, einem Fahrer zugeordneten Blickwinkelbereich (α), ausschließlich die Abbildung (3) und aus einem zweiten, dem Beifahrer zugeordneten Blickwinkelbereich (β) ausschließlich die Abbildung (4) sichtbar. Dadurch kann für den Fahrer während der Fahrt beispielsweise lediglich die den Betriebszustand oder die Fahrsicherheit des Fahrzeuges betreffende Abbildung (3) sichtbar sein und so eine Ablenkung vom Verkehrsgeschehen vermieden werden. Für den Beifahrer ist dabei zugleich eine beliebige, beispielsweise lediglich seiner Unterhaltung dienende, Abbildung (4) sichtbar.



DE 199 20 789 A 1

Die Erfindung betrifft eine zur Verwendung in einem Kraftfahrzeug vorgesehene Anzeigeeinheit mit einem Display, wobei eine Abbildung auf dem Display nur aus einem Blickwinkelbereich sichtbar ist.

Solche Anzeigeeinheiten werden für eine Informationsdarstellung in heutigen Kraftfahrzeugen eingesetzt und sind aus der Praxis bekannt. Die Anzeigeeinheit hat hierbei ein um eine senkrechte Achse in einer Mittelkonsole des Kraftfahrzeuges gelagertes Display. Hierdurch kann man das Display wahlweise auf den Fahrer oder den Beifahrer ausrichten, so daß die Abbildung jeweils nur für den Fahrer oder den Beifahrer sichtbar ist. Auf der Anzeigeeinheit sind beispielsweise Hinweise einer Satellitennavigation oder Fernsehbilder darstellbar.

Nachteilig bei der bekannten Anzeigeeinheit ist, daß das Display aufwendig zu lagern ist und die Anschlußleitungen für das Display schwierig zu verlegen sind. Weiterhin gestaltet sich die Anordnung der Anzeigeeinheit in dem Kraftfahrzeug schwierig, da beispielsweise ein in einer Mittelkonsole montiertes, auf den Beifahrer geschwenktes Display häufig trotzdem aus dem Blickwinkel des Fahrers eingesehen werden kann und der Fahrer dadurch vom Verkehrsgeschehen abgelenkt wird.

Es ist weiterhin auch bekannt, optische Elemente vorzusehen, die beweglich zueinander angeordnet sind und so eine einfache Ablenkung des von dem Display ausgehenden Lichtes erlauben. Deshalb kann ein Fahrer des Kraftfahrzeuges keine Abbildungen auf dem Display erkennen, wenn dieses ausschließlich Licht in Richtung des Beifahrers abstrahlt. Dabei wirkt sich nachteilig aus, daß die Anzeigeeinheit im wesentlichen nur von einer Person genutzt werden kann, was beispielsweise bei einem Display eines Satellitennavigations-Systems als störend empfunden wird, da hierbei sowohl für den Fahrer als auch für den Beifahrer ein Interesse an einer ausreichenden Ablesbarkeit besteht. Weiterhin muß bei flexibel eingesetzten Anzeigeeinheiten, die einerseits der Unterhaltung, andererseits aber auch der Fahrerinformation dienen, jeweils eine manuelle Betätigung des optischen Elementes vorgenommen werden.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, eine Anzeigeeinheit der eingangs genannten Art so zu gestalten, daß eine Ablenkung des Fahrers bei einer für den Beifahrer vorgesehenen Abbildung zuverlässig verhindert und zugleich eine bedarfsgerechte Bereitstellung von Informationen für den Fahrer ermöglicht wird, ohne daß dieser hierzu die Anzeigeeinheit manuell betätigen muß.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß mittels des Displays zwei voneinander unabhängige Abbildungen darstellbar sind, wobei mittels eines optischen Elementes die erste Abbildung nur aus dem ersten Blickwinkelbereich und die zweite Abbildung nur aus einem zweiten Blickwinkelbereich sichtbar ist.

Durch die erfindungsgemäße, unabhängige Bereitstellung von unterschiedlichen Abbildungen für den Fahrer und den Beifahrer kann eine jeweils der Betriebssituation angepaßte Steuerung der Bilddarstellung vorgesehen werden. Insbesondere kann dadurch eine lediglich der Unterhaltung dienende Bilddarstellung ausschließlich auf den Beifahrer beschränkt werden. Der Fahrer kann hingegen während der Fahrt beispielsweise eine Abbildung einer Straßenkarte ablesen. Während des Stillstandes des Fahrzeuges kann auch der Fahrer eine beliebige Auswahl der gewünschten Bilddarstellung, z. B. manuell, vornehmen.

Das optische Element könnte hierzu beispielsweise ein Spiegelkörper sein. Besonders vorteilhaft ist jedoch eine Ausführungsform der Erfindung, bei der das Display zur

Darstellung der beiden voneinander unabhängigen Abbildungen in getrennten Liniengruppen ausgeführt ist und das optische Element ein Zylinderlinsenraster aufweist.

Durch die Aufteilung der jeweiligen Abbildung in einzelne Liniengruppen wird eine kompakte Bauform erreicht, bei der für den Beifahrer und den Fahrer in der gemeinsamen Darstellungsebene gleichzeitig unterschiedliche Abbildungen sichtbar sind. Dabei ist für jeden Betrachter jeweils die volle Darstellungsfläche erkennbar.

Man könnte sich vorstellen, die Liniengruppen unter einem Winkel zueinander und/oder ineinander verflochten auszubilden. Entsprechend einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind jedoch die Liniengruppen parallel zueinander angeordnet, und das Zylinderlinsenraster ist parallel zu den Liniengruppen angeordnet.

Auf diese Weise wird eine besonders scharfe und gut ablesbare Darstellung der unabhängigen Abbildungen erreicht. Ist der Abstand der Darstellungen der einzelnen Linien der Liniengruppen geringer als das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges, so nimmt der Betrachter ein einheitliches, geschlossenes Bild wahr.

Von besonderem Vorteil ist es auch, wenn jeweils einer Linse des Zylinderlinsenrasters jeweils eine Linie der unabhängigen Abbildungen zugeordnet ist, so daß sich eine besonders scharfe und klare Trennung der Darstellungen der unabhängigen Abbildungen ergibt.

Beispielsweise bei einem transmissiv beleuchtbaren Display wäre es denkbar, das optische Element hinter dem Display, zwischen einer Beleuchtungseinrichtung und dem Display zu plazieren. Besonders gute optische Eigenschaften der Anzeigeeinheit und eine außergewöhnlich deutliche Trennung des ersten und des zweiten Blickwinkelbereichs liegen hingegen dann vor, wenn gemäß einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung das optische Element vor dem Display, d. h. zwischen Display und Betrachter, angeordnet ist.

Eine besonders günstige Weiterbildung der Erfindung ist dann gegeben, wenn während des Betriebes des Fahrzeuges aus einem ersten, einem Fahrer des Kraftfahrzeuges zugeordneten Blickwinkelbereich lediglich eine den Betriebszustand oder die Fahrsicherheit des Kraftfahrzeuges betreffende Abbildung ablesbar ist. Hierdurch werden lediglich solche Informationen für den Fahrer sichtbar abgebildet, die für ihn wesentlich sind, so daß eine unnötige Ablenkung vermieden wird. Beispielsweise können hierzu Daten der Fahrzeugsteuerung bzgl. des Bremssystems, der Meßwert-erfassung, wie insbesondere die Geschwindigkeit oder der Radschlupf, erfaßt und entsprechend aufbereitet dargestellt werden. Dabei sind sowohl alphanumerische als auch graphische Abbildungen möglich, die beispielsweise auch lediglich vorübergehend ablesbar sein können.

Eine günstige Weiterbildung der Erfindung ist auch dadurch gegeben, daß die Anzeigeeinheit in Richtung eines Betrachters gegenüber der Horizontalen geneigt ist. Hierdurch wird eine Anordnung der Anzeigeeinheit in der Armaturentafel oder einer Mittelkonsole möglich, so daß der Fahrer seinen Blick nur kurzzeitig vom Verkehrsgeschehen abwenden muß. Weiterhin können störende Reflexionen vermindert und so die Ablesegenauigkeit verbessert werden.

Vorteilhaft ist es auch, wenn die Anzeigeeinheit aus zumindest einem der beiden Blickwinkelbereiche zur wahlweisen Ansicht einer der beiden Abbildungen ausgeführt ist. Hierdurch ist insbesondere für den Beifahrer auch eine Einstellung möglich, bei der aus beiden Blickwinkeln eine übereinstimmende Abbildung sichtbar ist. Dadurch kann der Beifahrer die durch die Anzeigeeinheit dargestellten Informationen für den Fahrer verfolgen und kann so beispielsweise den Fahrer besser unterstützen.

Grundsätzlich ist als Display ein beliebiges elektrooptisches Display, wie u. a. z. B. ein Flüssigkristall-Display (LCD), Vakuumfluoreszenz-Display (VFD), Elektrolumineszenz-Display oder eine Kathodenstrahlröhre (CRT), verwendbar.

Weitere Ausführungsformen der Anzeigeeinheit, die beispielsweise auch dialogfähig sein können, sind ebenso denkbar wie eine Anordnung der Anzeige im Dachbereich des Fahrzeuges oder eine Einspiegelung in die Frontscheibe des Fahrzeuges. Die Anlage kann ferner auch bei der Fahrschulung oder bei Einsatzfahrzeugen der Polizei oder Feuerwehr verwendet werden.

Die Erfindung läßt verschiedene Ausführungsformen zu. Zur weiteren Verdeutlichung ihres Grundprinzips ist eine davon in der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Diese zeigt in

Fig. 1 eine perspektivische Prinzip-Darstellung einer erfindungsgemäßen Anzeigeeinheit,

Fig. 2 eine Draufsicht auf die Anzeigeeinheit in einer vergrößerten Darstellung.

Fig. 1 zeigt den Aufbau einer Anzeigeeinheit **1** für ein nicht dargestelltes Kraftfahrzeug in einer perspektivischen Prinzipdarstellung. Auf einem Display **2** der Anzeigeeinheit **1** sind jeweils in zwei abwechselnden, nebeneinander angeordneten Liniengruppen **3'**, **3''**, **3'''**, **4'**, **4''**, **4'''** zwei Abbildungen **3**, **4** dargestellt. Das Licht der Abbildungen **3**, **4** fällt anschließend durch ein Zylinderlinsenraster **5** eines optischen Elementes **6** und tritt an einer einem möglichen Betrachter zugewandten Seite aus. Welche der beiden Abbildungen **3**, **4** für den jeweiligen Betrachter sichtbar ist, wird durch den Blickwinkelbereich α , β festgelegt. Für einen ersten Betrachter, beispielsweise den Fahrer des Kraftfahrzeuges, ist daher ausschließlich die Abbildung **3** sichtbar, wie dies anhand der sich ihm bietenden Ansicht **7** der Anzeigeeinheit **1** verdeutlicht ist. Demgegenüber ist für den zweiten Betrachter, beispielsweise den Beifahrer, lediglich die Abbildung **4** in einer Ansicht **8** der Anzeigeeinheit **1** erkennbar, die zur Verdeutlichung ebenfalls dargestellt ist.

Fig. 2 verdeutlicht den optischen Strahlengang der Anzeigeeinheit **1**. Dabei fällt das Licht der Abbildungen **3**, **4** durch das optische Element **6** und dessen Zylinderlinsenraster **5** hindurch und tritt an der einem Betrachter zugewandten Seite aus. Durch den Blickwinkelbereich α , β eines jeweiligen Betrachters ist zugleich festgelegt, welche der beiden Abbildungen **3** oder **4** sichtbar ist. Die beiden Abbildungen **3**, **4** werden auf dem Display **2** voneinander vollkommen unabhängig in Liniengruppen **3'**, **4'** dargestellt, so daß sich mittels einer nicht dargestellten Steuereinheit eine bedarfsgerechte Bereitstellung der jeweils vom Fahrer oder seinem Beifahrer gewünschten Abbildungen **3**, **4** erreichen läßt. Insbesondere ist für den Fahrer des Kraftfahrzeuges während der Fahrt lediglich eine für ihn relevante und den Betriebszustand, die Verkehrsführung oder die Sicherheit betreffende Abbildung **3** ablesbar. Der Beifahrer erhält zugleich eine davon unabhängige Abbildung **4**, wobei der Bildausschnitt beider Abbildungen **3**, **4** deckungsgleich ist. Eine unnötige Ablenkung des Fahrers kann dadurch vermieden werden, während der Beifahrer zugleich eine beliebige Auswahl der gewünschten Abbildung **3** vornehmen kann, die auf Wunsch auch mit der Abbildung **4** übereinstimmen können. Eine Handbetätigung des Fahrers ist hierzu nicht erforderlich.

Patentansprüche

1. Zur Verwendung in einem Kraftfahrzeug vorgesehene Anzeigeeinheit mit einem Display, wobei eine Abbildung auf dem Display nur aus einem Blickwin-

kelbereich sichtbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß mittels des Displays (**2**) zwei voneinander unabhängige Abbildungen (**3**, **4**) darstellbar sind, wobei mittels eines optischen Elementes (**6**) die erste Abbildung (**3**) nur aus dem ersten Blickwinkelbereich (α) und die zweite Abbildung (**4**) nur aus einem zweiten Blickwinkelbereich (β) sichtbar ist.

2. Anzeigeeinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Display (**2**) zur Darstellung der beiden voneinander unabhängigen Abbildungen (**3**, **4**) in getrennten Liniengruppen (**3'**, **3''**, **3'''**, **4'**, **4''**, **4'''**) ausgeführt ist und das optische Element (**6**) ein Zylinderlinsenraster (**5**) aufweist.

3. Anzeigeeinheit nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Liniengruppen (**3'**, **3''**, **3'''**, **4'**, **4''**, **4'''**) parallel zueinander angeordnet sind und daß das Zylinderlinsenraster (**5**) parallel zu den Liniengruppen (**3'**, **3''**, **3'''**, **4'**, **4''**, **4'''**) angeordnet ist.

4. Anzeigeeinheit nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils einer Linse des Zylinderlinsenrasters (**5**) jeweils eine Linie (**3'**, **4'**) der unabhängigen Abbildungen (**3**, **4**) zugeordnet ist.

5. Anzeigeeinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Element (**6**) vor dem Display (**2**) angeordnet ist.

6. Anzeigeeinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während des Betriebes des Fahrzeuges aus einem ersten, einem Fahrer des Kraftfahrzeuges zugewandten Blickwinkelbereich (α) lediglich eine den Betriebszustand oder die Fahrsicherheit des Kraftfahrzeuges betreffende Abbildung (**3**) ablesbar ist.

7. Anzeigeeinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzeigeeinheit (**1**) in Richtung eines Betrachters gegenüber der Horizontalen geneigt ist.

8. Anzeigeeinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzeigeeinheit (**1**) aus zumindest einem der beiden Blickwinkelbereiche (α , β) zur wahlweisen Ansicht einer der beiden Abbildungen (**3**, **4**) ausgeführt ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

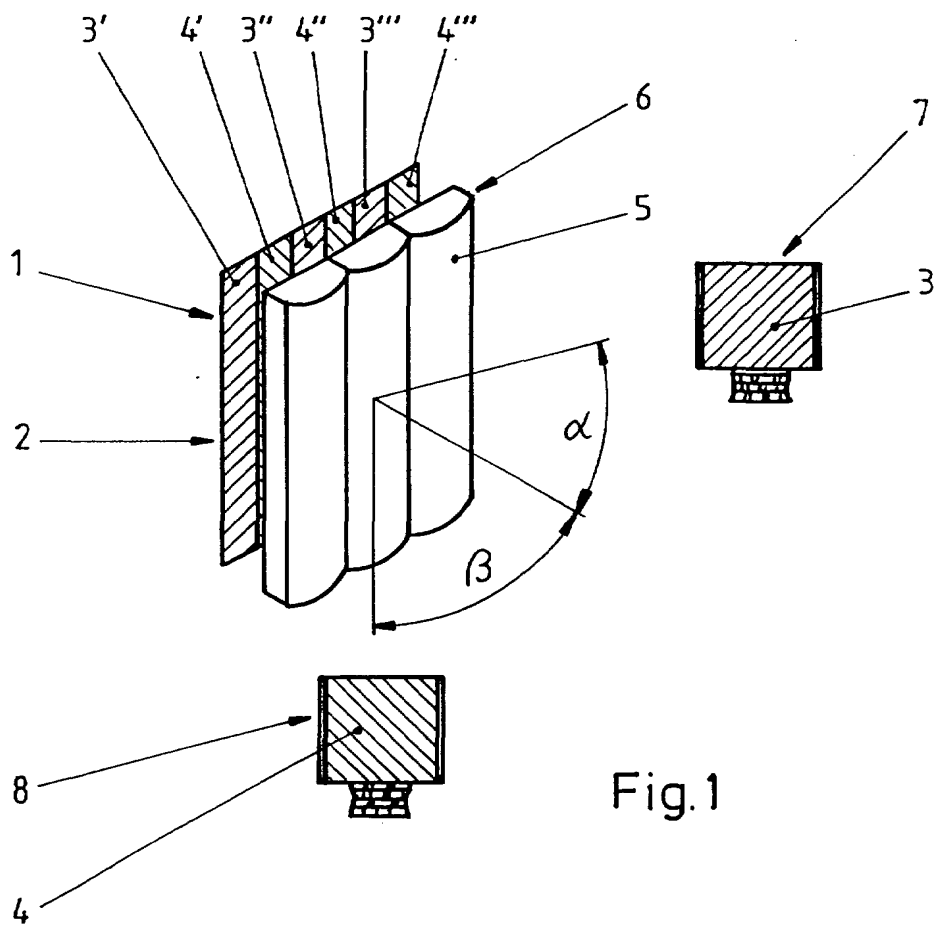


Fig.1

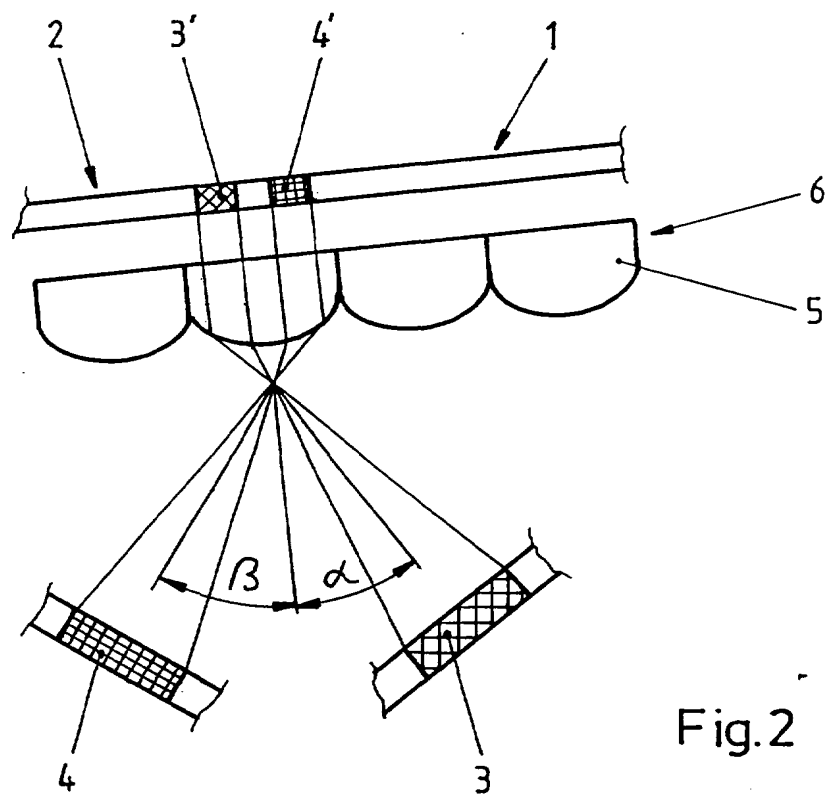


Fig.2

EP0195584

Publication Title:

Light reflecting three-dimensional display system.

Abstract:

Abstract not available for EP0195584 Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

12

EUROPEAN PATENT APPLICATION

21 Application number: 86301756.2

51 Int. Cl.⁴: **H 04 N 13/00**

H 04 N 15/00, G 02 F 1/13

22 Date of filing: 11.03.86

30 Priority: 14.03.85 US 711792

43 Date of publication of application:
24.09.86 Bulletin 86/39

84 Designated Contracting States:
DE FR GB IT NL SE

71 Applicant: **TEKTRONIX, INC.**
Tektronix Industrial Park D/S Y3-121 4900 S.W. Griffith
Drive P.O. Box 500
Beaverton Oregon 97077(US)

72 Inventor: **Buzak, Thomas S.**
7344 S.W. 152ND
Beaverton Oregon 97007(US)

74 Representative: **Lawrence, Malcolm Graham et al,**
Malcolm Lawrence & Co. 9th Floor Terminus House
Terminus Street
Harlow Essex CM20 1XF(GB)

54 **Light reflecting three-dimensional display system.**

57 A display system (10) receives from a light source (12) a sequence of images, each representing a different depth plane of a subject, and selectively reflects each image from its corresponding one of plural light direction modulators (16 and 18) to synthesize a three-dimensional image of the subject. Each modulator is positioned along an axis (20) at a location that corresponds to a different depth plane. Each modulator reflects the first image incident to it and transmits

the succeeding images in the sequence. In a display system having N+1 depth plane images, each of N modulators comprises a variable optical retarder (34) and a liquid crystal chiral cell (36). The N modulators reflect left-circularly polarized light and transmit right-circularly polarized light. An N+1 modulator preferably comprises a liquid crystal chiral cell and reflects light incident to it. An alternative embodiment (50) develops full color images.

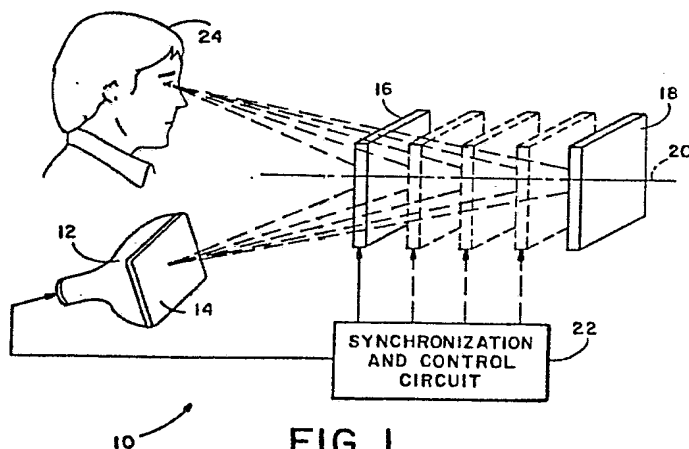


FIG. 1

5

LIGHT REFLECTING THREE-DIMENSIONAL DISPLAY SYSTEM

10

TECHNICAL FIELD

The present invention relates to three-dimensional display systems, and more particularly, to such a display system that receives a sequence of light
15 images, each representing a different depth plane of a subject, and selectively reflects each image from its corresponding one of plural light direction modulators to synthesize a three-dimensional image of the subject.

BACKGROUND OF THE INVENTION

20 There have been known display systems that form a composite three-dimensional image by sequentially emitting from an image source a series of two-dimensional images representing different depth planes of a three-dimensional subject. Each depth plane image
25 is typically reflected by a mirror that is positioned to provide an optical path of predetermined length between the image source and an observer. Each depth plane image travels a different optical path length to create for the observer a composite light image having the
30 appearance of depth. The resulting three-dimensional image has, therefore, full vertical, horizontal, and head-motion parallax. Display systems of this type are useful for examining three-dimensional images that
35 consist of a series of visual planar data, such as, for example, ultrasound scans of tissue, wiring diagrams for multilayer printed circuit boards, air traffic control

scans, and architectural plans.

Display systems that form the three-dimensional image by using mechanical means to change the position of the reflecting surface of a mirror to reflect depth plane images at different optical path locations are described in the article "Terminal puts three-dimensional graphics on solid ground," Electronics, 150-155 (July 28, 1981), by Stover. One system of this type employs a flat-plate mirror that repetitively moves back and forth along a straight line path. The mirror crosses plural locations along the path, each location corresponding to a different depth plane of a three-dimensional subject. Depth plane images emitted from an image surface are reflected from each location to an observer's eyes to produce the composite three-dimensional image. These display systems have proved to be mechanically impractical because of the precision required to match the instantaneous position of the mirror to the appearance of the corresponding depth plane image on the image surface.

A second system substitutes a varifocal mirror for the movable mirror described above. A varifocal mirror is one whose focal length changes with mechanical vibration. The vibration causes a continuous change in the shape (i.e., convex, flat, and concave) of the reflecting surface of the mirror. Changing the shape of the mirror creates the impression that images reflected by it originate from different distances from the observer. The mirror is vibrated in response to a signal that is synchronized with the appearance of depth plane images emitted from a cathode ray tube.

The varifocal mirror system suffers from a number of inherent drawbacks. First, the mirror continuously changes its shape and, as a consequence, eventually wears out. Second, the mechanical vibration causes a sinusoidal change in the focal length of the

mirror. The varifocal mirror loses, therefore, the constancy of magnification obtainable with a flat-surface mirror. As a consequence, the images reflected from the mirror are deformed, thereby
5 requiring compensation in the form of opposite deformation by pre-distortion of the images emitted from the cathode ray tube. Third, the vibrating mirror produces an unacceptable acoustic rumble because it behaves much like an audio speaker. The acoustic rumble
10 can be prevented by maintaining the fundamental frequency of the mirror below 30 Hz, but this low frequency of reflection can cause flicker in the three-dimensional image. Fourth, the varifocal mirror system is not suitable as a color display. This is so
15 because the persistence of phosphor emissions from a shadow mask cathode ray tube would cause a smearing of successive depth plane color images as the mirror continuously changes its focal length. To develop color images in a varifocal mirror system, one must terminate
20 the phosphor emissions while the mirror changes its focal length to that corresponding to the next depth plane. Full color phosphors with the required persistence characteristics are not currently available.

A display system that relies on nonmovable
25 flat-plate mirrors to form a three-dimensional light image is described in U.S. Patent No. 4,190,856 to Ricks. The display system of Ricks employs an assembly of beam splitters or semitransparent mirrors in association with plural cathode ray tubes to form the
30 three-dimensional image. The display system also includes at least one positive lens for repositioning the image toward an observer. Each cathode ray tube emits an image corresponding to a different depth plane. The images propagate concurrently through the
35 semitransparent mirrors and combine on a common optical path to form a composite image. Since the images emitted from each cathode ray tube travel along

different optical path lengths, the composite image appears to have depth.

This system suffers from the disadvantages of requiring plural cathode ray tubes and extensive electrical drive circuitry, thereby making a display system capable of developing numerous depth plane images quite large and expensive. In addition, an increase in the number of depth planes increases the optical path length required to develop a three-dimensional image. Increasing the optical path length limits the angle from which the image is viewable.

Another three-dimensional display system that uses plural cathode ray tubes and multidirectional beam splitters is described in the article "Multilayered 3-D display by multidirectional beam splitter," Applied Optics, Vol. 21, No. 20, 3659-3663 (October 15, 1982), by Tamura and Tanaka. This structure also suffers from the disadvantage of a long optical path length and image degradation resulting from the thicknesses of the beam splitters.

A three-dimensional display system comprising an adapter that fits over the image face or screen of a single cathode ray tube is described in the article "Multilayer 3-D display adapter," Applied Optics, Vol. 17, No. 23, 3695-3696 (December 1, 1978), by Tamura and Tanaka. The adapter employs semitransparent and fully-reflecting mirrors to produce optical paths of different lengths that develop the different image depth planes. In this display system, the optical path lengths are so large that the three-dimensional effect is diminished. In addition, since the adapter effectively divides the single-image face into several subfaces, each depth plane image, as well as the image window, is small.

A display system that uses a twisted nematic liquid crystal cell in association with a cholesteric liquid crystal layer to develop a two-dimensional image

in a predetermined color is described in the article
"Twisted nematic display with cholesteric reflector," J.
Phys. D: Appl. Phys., Vol. 8, 1441-48 (1975), by
Scheffer. The single-color display receives linear
5 polarized light rays of many wavelengths whose direction
of polarization is selectively rotated by 0° or 90° by
the twisted nematic cell. A quarter-wave plate
positioned between the twisted nematic cell and the
cholesteric layer receives the linearly polarized light
10 rays passing through the twisted nematic cell and
converts them to left- or right-circularly polarized
light rays, depending upon the polarization direction of
the incident light rays.

Within its reflection band of wavelengths, the
15 cholesteric layer reflects circularly polarized light
rays of the rotational sense of its helical twist and
transmits circularly polarized light rays of the
opposite rotational sense. Outside its reflection band,
the cholesteric layer transmits light rays of all
20 polarization states.

Scheffer describes the operation of a left-hand
twist cholesteric layer as follows. Whenever the
twisted nematic cell rotates the polarization direction
of the incident light rays by 90° , left-circularly
25 polarized light rays are incident on the cholesteric
layer which reflects the light rays in an iridescent
color that characterizes the layer. The single-color
light rays reflect back through the system to be viewed
by an observer. Whenever the twisted nematic cell
30 rotates the polarization direction by 0° , right-
circularly polarized light rays pass through the
cholesteric layer and strike an absorbing material,
which provides a preferred background for the colored
image previously reflected.

35 The Scheffer article describes only a technique
for producing a single-color two-dimensional image with
the use of a twisted nematic cell and a cholesteric

layer. The display system of Scheffer has not heretofore been suggested or adapted for use in either a monochrome or full color three-dimensional display system.

5

SUMMARY OF THE INVENTION

An object of this invention is, therefore, to provide a light reflecting three-dimensional display system that produces an image that has full vertical, horizontal and head-motion parallax when observed from a wide range of viewing angles.

10

Another object of this invention is to provide such a display system that is compact, has no mechanically driven parts, and requires only a single image source.

15

A further object of this invention is to provide such a display system that requires no image source pre-distortion or nonlinear magnification compensation to develop an image of good quality.

20

Still another object of this invention is to provide such a display system that is operable to develop with the use of a shadow mask cathode ray tube an image in full color and sharp detail.

25

Yet another object of this invention is to provide in such a display system a liquid crystal electro-optic switching device and a liquid crystal chiral cell to produce either monochrome or full color three-dimensional images.

30

Additional objects and advantages of the present invention will be apparent from the following detailed descriptions of preferred embodiments thereof, which proceed with reference to the accompanying drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 is a pictorial view of a light reflecting three-dimensional display system of the present invention that comprises two depth planes with additional depth planes shown in phantom for increasing

35

resolution of the synthesized three-dimensional image.

FIG. 2 is a diagram of an embodiment of a monochrome display system of the present invention.

FIG. 3 is a diagram of an embodiment of a full
5 color display system of the present invention.

FIG. 4 is the full color display system of Fig. 3 having superimposed thereon the optical path segments of an exemplary light ray for showing the creation and suppression of spurious light components.

10 FIG. 5 is a graph showing for the preferred embodiments of the display system of the present invention the relationship between the phosphor emission characteristic of the green light emitted by the cathode ray tube and the reflection characteristic of a chiral
15 cell tuned to green light.

FIG. 6 is a diagrammatic cross-sectional view of a liquid crystal cell which is used as a zero to half-wave optical retarder in accordance with the present invention.

20 FIGS. 7A and 7B are schematic diagrams of the director alignment configuration of the liquid crystal cell of the variable optical retarder incorporated in the preferred embodiments of the optical display system of the present invention in, respectively, the field
25 aligned "ON" state and the partly relaxed "OFF" state.

DETAILED DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENTS

General Description of Display System Operation

Fig. 1 is a simplified pictorial representation of a display system 10 that is designed to develop a
30 three-dimensional image comprised of two depth plane images in accordance with the present invention.

With reference to Fig. 1, a light source 12, such as a cathode ray tube, emits from its screen 14 a sequence of two-dimensional images that correspond to
35 different depth planes of a three-dimensional subject (not shown). The images propagate toward first and second light direction modulating means 16 and 18, which

are positioned in spaced-apart, generally parallel relation along an axis 20. First modulating means 16 corresponds to a first depth plane, and second modulating means 18 corresponds to a second depth plane of a longer optical path than that of the first depth plane. Optical path length is defined as the distance an image travels from the cathode ray tube to an observer. Since display system 10 develops images of only two depth planes, cathode ray tube 12 emits in alternate succession images corresponding to them.

A synchronization and control circuit or means 22 applies control signals to first modulating means 16 in synchronism with the production of the depth plane images by cathode ray tube 12. Control signals of first and second voltages are applied to first modulating means 16 at different times to selectively cause it to, respectively, reflect and transmit an incident image. Second modulating means 18 is positioned to receive and reflect the image transmitted by first modulating means 16.

To synthesize a three-dimensional image, control circuit 22 switches first modulating means 16 in synchronism with the appearance of the depth plane images on screen 14 of cathode ray tube 12. Whenever the first depth plane image appears on screen 14, control circuit 22 applies the first voltage to first modulating means 16 to cause it to reflect the image to the eyes of an observer 24. Whenever the second depth plane image appears on screen 14, control circuit 22 applies the second voltage to first modulating means 16 to cause it to transmit the image to second modulating means 18, which reflects the image back through first modulating means 16 to the eyes of observer 24. The reflected depth plane images combine to form a three-dimensional image of the subject. The different optical path lengths that the first and second depth plane images travel to reach observer 24 create the

three-dimensional effect of the composite image.

The resolution of the three-dimensional image can be enhanced by increasing the number of depth planes. This can be accomplished by positioning
5 additional ones of the first modulating means 16 (shown in phantom in Fig. 1) upstream of second modulating means 18. Cathode ray tube 12 emits in each image sequence an additional number of depth plane images that equal the number of first modulating means 16 added to
10 system 10. Control circuit 22 delivers signals of the second voltage to each of the first modulating means 16 which are positioned upstream of the one first modulating means 16 that reflects the depth plane image produced by cathode ray tube 12.

15 Monochrome Display System

Fig. 2 is a diagram of a monochrome display system 26 of the present invention.

With reference to Fig. 2, monochrome display system 26 forms a three-dimensional image of two depth
20 planes. Cathode ray tube 12 emits from its screen 14 linearly polarized light rays that carry the depth plane images. (The number of depth plane images may be increased, for example, by including an additional cathode ray tube 12' and mirror 32' as depicted in
25 phantom at the locations shown in Fig. 2.) Fig. 2 shows the path 27 and polarization state of an exemplary light ray that reflects from the second depth plane. The nomenclature "LCP" and "RCP" refer to, respectively, left-circularly polarized and right-circularly polarized
30 light. In the monochrome system, cathode ray tube 12 preferably emits green light. The unpolarized light rays strike a right-hand twist liquid crystal chiral cell 28 which reflects only right-circularly polarized light rays within a narrow wavelength range of about 40
35 nanometers. Chiral cells of this character are known in the art and function in a manner similar to that described above for the cholesteric layer employed by

Scheffer. Chiral cell 28 is preferably tuned to reflect green light to match the color of light emitted by the cathode ray tube. Since the unpolarized light rays striking chiral cell 28 represent the superposition of left- and right-circularly polarized light rays, left-circularly polarized green light rays exit chiral cell 28 and strike half-wave plate 30, which is tuned to provide half-wave retardation of green light. Half-wave plate 30 receives the left-circularly polarized light rays and converts them to right-circularly polarized light rays that strike a semitransparent dielectric mirror 32 which is inclined at a 45° angle relative to axis 20. The light rays reflected by mirror 32 are left-circularly polarized and propagate toward first light direction modulating means 16. (One can also operate display system 26 without mirror 32 by angularly displacing cathode ray tube 12 and observer 24 relative to axis 20 as shown in Fig. 1 and by removing half-wave plate 30.)

First modulating means 16 comprises a variable optical retarder 34 that is spaced-apart from and in generally parallel relation with a right-hand twist liquid crystal chiral cell 36. Variable optical retarder 34 changes the rotational sense of the polarization state of incident light rays by changing the amount of retardation applied to them as they travel through it. Variable optical retarder 34 selectively develops zero retardation and half-wave retardation of normally incident green light in response to the two voltage signals developed by control circuit 22. The two amounts of optical retardation cause circularly polarized green light rays to exit variable optical retarder 34 in one of two orthogonally related rotational senses.

Chiral cell 36 receives the light rays transmitted by variable optical retarder 34, reflecting right-circularly polarized light rays and transmitting

- 11 -

left-circularly polarized light rays.

The light rays transmitted by first modulating means 16 strike second modulating means 18, which comprises a half-wave plate 38 that is in spaced-apart and generally parallel relation with a right-hand twist liquid crystal chiral cell 40. Half-wave plate 38 converts the incident left-circularly polarized light rays to right-circularly polarized light rays, which strike and reflect from chiral cell 40. The spacing between variable optical retarder 34 and chiral cell 36 and between first and second modulating means 16 and 18 is accomplished for any preferred distance (e.g., 1.27 cm) with spacers (not shown) positioned on the margins of these elements. An anti-reflection coating used on these devices promotes better light transmission through the system.

Half-wave plates 30 and 38 are of similar construction, and chiral cells 28, 36, and 40 are of similar construction.

Monochrome display system 26 operates in the following manner. Whenever the first depth plane image appears on screen 14 of cathode ray tube 12, control circuit 22 applies the first voltage signal to variable optical retarder 34 to command it to the half-wave retardation or "OFF" state. Variable optical retarder 34 receives the light rays carrying the first depth plane image, converts them from left-circular polarization to right-circular polarization, and transmits them to chiral cell 36. Chiral cell 36 reflects the right-circularly polarized light rays back through variable optical retarder 34 and mirror 32 to the eyes of observer 24.

Whenever the second depth plane image appears on screen 14 of cathode ray tube 12, control circuit 22 applies the second voltage signal to variable optical retarder 34 to command it to the zero retardation or "ON" state. Variable optical retarder 34 receives the

left-circularly polarized light rays carrying the second depth plane image and transmits them to half-wave plate 38, which converts them to right-circularly polarized light rays. Chiral cell 40 reflects the right-circularly polarized light rays back through half-wave plate 38 which reconverts them to left-circular polarization. Chiral cell 36, variable optical retarder 34, and mirror 32 transmit the left-circularly polarized green light rays carrying the second depth plane image to observer 24. The portion of light reflected by mirror 32 away from observer 24 is scattered at screen 14 of cathode ray tube 12 and does not appreciably affect image contrast.

The embodiment depicted in Fig. 3 is configured to employ liquid crystal chiral cells of the same construction. It will be appreciated, however, that removing half-wave plate 38 and replacing chiral cell 40 with a left-hand twist liquid crystal chiral cell provides an equivalent display system. In addition, chiral cell 28 and half-wave plate 30 can be replaced by a left-hand twist liquid crystal chiral cell or, alternatively, by a neutral linear polarizer and a quarter-wave plate.

As was stated previously, the number of depth planes forming the three-dimensional image can be increased by increasing the number of first modulating means 16, each comprising variable optical retarder 34 and chiral cell 36, and positioning them between mirror 32 and second modulating means 18.

Full Color Display System

Fig. 3 is a diagram of a full color display system 50 designed in accordance with the present invention.

With reference to Fig. 3, display system 50 is designed to develop a three-dimensional image of three image planes in full color. Light source 52 emits from its screen 54 unpolarized light rays that carry the

depth plane images in three primary colors, such as red, green, and blue. Light source 52 preferably comprises a shadow mask cathode ray tube. The light rays emitted from screen 54 strike three generally parallel left-hand
5 twist liquid crystal chiral cells 56, 58, and 60 which are tuned to the respective colors green, red, and blue.

Right-circularly polarized light rays of the colors green, red, and blue exit chiral cell 60 and reflect from mirror 32, which converts them from right-
10 to left-circular polarization. The left-circularly polarized light rays reflected by mirror 32 are selectively reflected by the first light modulating means 16a and 16b and the second light modulating means 18a in response to the voltage signals produced by
15 control circuit 22.

First light modulating means 16a comprises a variable optical retarder 34a and three right-hand twist liquid crystal chiral cells 62a, 64a, and 66a, which are preferably constructed as a single assembly. Chiral
20 cells 62a, 64a, and 66a are tuned to the respective colors green, red, and blue and appear in the order shown in Fig. 3 only for convenience in describing the operation of the system. The preferred order would be blue, green, and red in the direction away from observer
25 24. The reason is that images in colors of longer wavelengths appear to be closer to the observer. The preferred order recited compensates for this effect. First modulating means 16a and 16b, which correspond to, respectively, the first depth plane and the second depth
30 plane include optical elements of similar construction that are identified by identical reference numerals followed by a different lower case letter. Variable optical retarders 34a and 34b are tuned to provide half-wave retardation of green light. Second modulating
35 means 18a, which corresponds to the third depth plane, comprises three left-hand twist liquid crystal chiral cells 68, 70, and 72, which are tuned to the respective

colors green, red, and blue.

A quarter-wave plate 74 and a neutral linear polarizer 76 are positioned between observer 24 and mirror 32 and comprise a means for preventing the transmission of contaminant light rays that create spurious images, as will be further described below.

Each one of the sets of three chiral cells could be replaced by a single cell or a set of two cells if the respective reflection band or composite reflection band is sufficiently wide to reflect light of each of the primary colors.

The operation of color display system 50 is analogous to that described for monochrome display system 10 of Fig. 2. Fig. 4 shows the optical path of an exemplary contaminant light ray superimposed on the color display system 50 diagram of Fig. 3 for explaining the suppression of contaminant light transmission by quarter-wave plate 74 and polarizing filter 76. The example shown in Fig. 4 presents the case in which the first depth plane image is reflected from first modulating means 16a. Under these circumstances, variable optical retarders 34a and 34b are commanded to the "OFF" state. The first depth plane image is the one most susceptible to spurious image formation by contaminant light transmission.

The left-circularly polarized light rays carrying the first depth plane image reflect from mirror 34 and strike variable optical retarder 34a in its "OFF" state. Variable optical retarder 34a provides half-wave retardation for only green light and only approximately half-wave retardation of light of other colors. The effect of variable optical retarder 34a is, therefore, different for each color of light traveling through it.

Variable optical retarder 34a converts from left- to right-circular polarization the green light rays passing through it. The right-circularly polarized light rays are reflected by green chiral cell 62a and

transmitted back through variable optical retarder 34a, which reconverts them to left-circular polarization. The left-circularly polarized green light rays pass through mirror 32 to be seen by observer 24.

- 5 Quarter-wave plate 74 removes the circular polarization from the light rays passing through mirror 32, thereby converting them to linear polarization. Neutral polarizing filter 78 is positioned with its transmission axis aligned with the direction of the linearly
- 10 polarized light rays exiting quarter-wave plate 74. Quarter-wave plate 74 is tuned to provide quarter-wave retardation of green light. It will be appreciated that unlike mirror 32, chiral cell 62a, as well as all of the chiral cells disclosed herein, reflects light rays
- 15 without changing their polarization sense.

Variable optical retarder 34a does not provide exactly half-wave retardation of the incident left-circularly polarized red or blue light rays. The processing of the red light rays is described with

20 reference to Fig. 4. The left-circularly polarized red light rays travel along optical path segment 78 toward modulating means 16a. Variable optical retarder 34a elliptically polarizes the red light rays, which pass through green chiral cell 62a and strike red chiral cell

25 64a. The elliptically polarized red light rays comprise a major component of greater intensity right-circularly polarized light and a minor component of significantly lesser intensity left-circularly polarized light. Red chiral cell 62a reflects the major component of

30 right-circularly polarized red light rays which travel along optical path segment 80 back through variable optical retarder 34a, which essentially transforms the major component of red light from right- to left-circular polarization.

- 35 The major component of left-circularly polarized red light travels along path segment 80 and passes through mirror 32. Quarter-wave plate 74 removes

- 16 -

the left-circular polarization, thereby converting the light rays to linear polarization in a direction aligned with the transmission axis of polarizing filter 76. The red light, therefore, reaches observer 24. That
5 quarter-wave plate 74 is tuned for green light does not have an appreciable effect on the transmission of the red light to the observer.

The minor component of left-circularly polarized red light travels along optical path segment
10 82, passing through green chiral cell 62a, red chiral cell 64a, and blue chiral cell 66a and striking variable optical retarder 34b. Variable optical retarder 34b in the "OFF" state essentially transforms the minor component of red light from left- to right-circular
15 polarization. The minor component of right-circularly polarized red light passes through green chiral cell 62b, reflects from red chiral cell 64b, and strikes variable optical retarder 34b along path segment 82 as shown.

20 Variable optical retarder 34b essentially transforms the minor component of right-circularly polarized red light from right- to left-circular polarization, and variable optical retarder 34a essentially transforms the red light rays back to
25 right-circular polarization. The minor component of right-circularly polarized red light rays passes through mirror 32. Quarter-wave plate 74 removes the right-circular polarization, thereby converting the light rays to linear polarization in a direction aligned
30 with the absorption axis of polarizing filter 76. The absorbed right-circularly polarized light rays represent the contaminant light rays, whose sense of polarization is orthogonally related to the light rays intended for transmission to the observer. If they are not absorbed
35 as described, the contaminant light rays would appear as a ghost image reflected from an incorrect depth plane.

Left-circularly polarized blue light rays are

processed through color display system 50 in an analogous manner to that described above for left-circularly polarized red light rays.

It will be appreciated that quarter-wave plate 74 and linear polarizing filter 76 suppress the transmission of contaminant light rays created by the inability of the variable optical retarders 34a and 34b to provide exactly half-wave retardation of light rays of all colors. That quarter-wave plate 74 is tuned only to green light has a negligible effect on the suppression of ghost images. The reason is that the contaminant light rays traveling through the display system undergo several transformations between polarization senses that diminish their intensity before they strike quarter-wave plate 74. The action of quarter-wave plate 74 and polarizing filter 76 is, therefore, sufficient to absorb a substantial amount of the remaining incident contaminant light of diminished intensity. The light rays transmitted to observer 24 are, therefore, substantially free from spurious images.

Three right-hand twist liquid crystal chiral cells 84 (shown in phantom) may be substituted for quarter-wave plate 74 and neutral polarizing filter 76. The three chiral cells would be positioned between mirror 32 and variable optical retarder 34a.

Fig. 5 is a graph showing for different display system viewing angles the relationship between the phosphor emission peak 86 of the green light emitted from cathode ray tube and the reflection characteristic of a chiral cell tuned for green light. The solid line characteristic 88 represents the reflectivity of the chiral cell at a viewing angle normal to the surface of the cell, and the broken line characteristic 90 represents the reflectivity of the chiral cell at a viewing angle of approximately 30° from the surface normal. It is apparent that the reflectivity of the chiral cell shifts to shorter wavelengths as the viewing

angle increases relative to the surface normal. To compensate for this effect, each one of the chiral cells described herein is tuned so that the phosphor emission peak lies near the short wavelength of its reflection
5 band. Tuning the cell in this manner ensures that the intensity of the colored light remains substantially uniform for typical viewing angles.

Switching Sequence for Decreasing Transition
Time Between Successive Images

10 The preferred embodiment of the variable optical retarder, which is described in detail below, requires substantially less time to complete a transition from the "OFF" state to the "ON" state. Table I shows the preferred depth plane image switching
15 sequence for a switching system having $N+1$ depth planes. Since the variable optical retarder requires less switching time during the transition from its "OFF" state to its "ON" state, the N variable optical retarders of the N first light direction modulating
20 means are initially commanded by the control circuit to the "OFF" state at the start of the sequence of $N+1$ depth plane images.

25

30

35

TABLE I: DEPTH PLANE IMAGE SWITCHING SEQUENCE

5	<u>VARIABLE OPTICAL RETARDER</u>						<u>RELATIVE</u> <u>SPEED OF</u> <u>TRANSITION</u>	<u>DEPTH</u> <u>PLANE IMAGE</u> <u>REFLECTED</u>
	1	2	3	4...N-1	N			
10	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	Fast	1
	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF		2
	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	Fast	3
15	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	Fast	4
		
	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	Fast	N-1
20	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	Fast	N
	ON	ON	ON	ON	ON	ON	Fast	N+1
	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	Slow	1
25								

With reference to Table I, variable optical retarder numbers 1 and N represent the variable optical retarders positioned, respectively, nearest to and farthest from observer 24. It is apparent that each one of the N variable optical retarders controls the reflection of the first image incident to it and transmits the following images in the sequence. After the N+1 depth plane image appears on the cathode ray tube screen and is reflected by the chiral cell of the second light direction modulating means, the N variable optical retarders are simultaneously commanded by the

- 20 -

control circuit from the "ON" state to the "OFF" state in anticipation of the start of the next succeeding sequence of N+1 depth plane images. The above-recited procedure requires, therefore, only one relatively slow
5 transition for each image depth plane sequence, irrespective of the number of depth planes used.

Liquid Crystal Variable Optical Retarder

A preferred embodiment of the present invention incorporates a liquid crystal cell operating as a
10 variable optical retarder that controls the retardation of light passing therethrough in response to the intensity of an electric field produced by an excitation voltage applied to the cell electrode structures.

With reference to Fig. 6, liquid crystal cell
15 100 includes a pair of generally parallel, spaced-apart electrode structures 102 and 104 with nematic liquid crystal material 106 included therebetween. Electrode structure 102 comprises glass dielectric substrate 108 that has on its inner surface a layer 110 of
20 electrically conducting, but optically transparent, material such as indium tin oxide. Director alignment film layer 112 is applied to conductive layer 110 and forms a boundary between electrode structure 102 and liquid crystal material 106. The surface of film 112
25 which contacts the liquid crystal material is conditioned in accordance with one of two preferred methods to promote a preferred orientation of the directors of the liquid crystal material in contact therewith. The materials constituting and the
30 corresponding methods of conditioning the director alignment film 112 are described in detail hereinbelow. Electrode structure 104 is of a construction similar to that of electrode structure 102, and the components corresponding to those of electrode structure 102 are
35 shown with identical reference numerals followed by primes.

The short length edges of electrode structures

102 and 104 are offset relative to each other to provide .
access to conductive layers 110 and 110' for connecting
at terminals 113 the output conductors of control
circuit 22. Spacers 114 may be comprised of any
5 suitable material such as glass fiber to preserve the
general parallel relation between electrode structures
102 and 104.

With reference to Figs. 7A and 7B, the nematic
director alignment configuration of layers 112 and 112'
10 in liquid crystal cell 100 is described in Column 7,
lines 48-55 of U.S. Patent No. 4,333,708 of Boyd, et
al. It will be understood, however, that the liquid
crystal cell described in the Boyd, et al. patent
differs from that used in the present invention in that
15 the former includes an alternating-tilt geometry type
configuration of which the director alignment of cell
100 comprises only a portion. The cell of the Boyd, et
al. patent is constructed to promote disclination
movement within the cell in an attempt to provide a
20 bistable switching device.

The film layer 112 of electrode structure 102
is conditioned so that the electrode structure surface
contacting directors 116 are aligned parallel to each
other at a tilt bias angle $+\Theta$, which is measured in the
25 counterclockwise sense with reference to the surface of
film layer 112. The film layer 112' of electrode
structure 104 is conditioned so that the electrode
structure surface contacting directors 118 are aligned
parallel to each other at a tilt bias angle $-\Theta$, which
30 is measured in the clockwise sense with reference to the
surface of film layer 112'. Thus, liquid crystal cell
100 is fabricated so that the surface contacting
directors 116 and 118 of the opposed surfaces of
director alignment layers 112 and 112' of electrode
35 structures 102 and 104, respectively, are tilt-biased in
opposite directions.

A first preferred method of effecting the

desired alignment of the surface contacting directors entails the use of polyimide as the material that comprises the alignment film layers 112 and 112' on electrode structures 102 and 104, respectively. Each
5 alignment film layer is rubbed to produce a tilt bias angle $|\theta|$, with 2° to 5° being the preferred range. A second preferred method of effecting the desired alignment of the surface contacting directors entails the use of silicon monoxide as the material which
10 comprises the alignment film layers 112 and 112' of electrode structures 102 and 104, respectively. The silicon monoxide layer is evaporated and vapor deposited preferably at a 5° angle measured from the electrode structure surface in an amount sufficient to produce a
15 tilt bias angle $|\theta|$ of between 10° to 30° , with 15° to 25° being the preferred range.

It will be appreciated that methods for depositing silicon monoxide or other alignment materials to align liquid crystal molecules in a predetermined
20 direction have been disclosed previously by others and are known to those having ordinary skill in the art. One such method, for example, is disclosed in U.S. Patent No. 4,165,923 of Janning.

Fig. 7A depicts the orientation of surface
25 noncontacting directors 120 when an AC signal V_1 of approximately 2 kHz and 20 Vrms is applied to conductive layers 110 and 110' of electrode structures 102 and 104, respectively. The signal V_1 on conductive layer 110' with conductive layer 110 grounded constitutes a first
30 switching state produced at the output of control circuit 22 and produces an alternating electric field, E, between electrode structures 102 and 104 within the liquid crystal cell 100 to force the cell into its "ON" optical retardation state. A substantial number of the
35 surface noncontacting directors 120 of a liquid crystal material 106 that has a positive anisotropy value align essentially end-to-end along direction 121 of the

- 23 -

electric field flux lines within the cell, which direction is normal to the conditioned surfaces of the electrode structures. Thus, when cell 100 is excited into its "ON" state, the surface noncontacting directors
5 120 are aligned perpendicularly to the surfaces of the cell.

Fig. 7B depicts the orientation of surface noncontacting directors 120 after the signal V_1 is removed so that the alignment of surface noncontacting
10 directors is influenced not by an electric field produced between electrode structures 102 and 104 within the cell, but by the intermolecular elastic forces which cause relaxation of the surface noncontacting directors from the end-to-end alignment of the "ON" state. The
15 removal of signal V_1 constitutes a second switching state produced at the output of control circuit 22. The director orientation shown in Fig. 7B corresponds to that of "OFF" optical retardation state of the cell.

Switching cell 100 to the "OFF" state can also
20 be accomplished by applying to layer 110' of the cell an AC signal V_2 produced at the output of control circuit 22 having a voltage level which is less than that of signal V_1 and generally near 0 V. The frequency of signal V_2 is generally the same as that of signal V_1 .

25 During the transition from the "ON" state to the "OFF" state of the liquid crystal cell, the surface noncontacting directors recede from the end-to-end alignment normal to the electrode structure surfaces and attempt to assume a generally parallel relation with the
30 adjacent directors. Thus, surface noncontacting directors 120a and 120b rotate in a clockwise sense as shown by direction arrows 122a in order to achieve a near-parallel relation as respects directors 116 and 120a, respectively; and surface noncontacting directors
35 120c and 120d rotate in a counterclockwise sense as shown by direction arrows 122b to achieve a near-parallel relation as respects directors 118 and

- 24 -

120c, respectively. Thus, when cell 100 relaxes to its "OFF" state, each one of a substantial number of the surface noncontacting directors is aligned so that it projects a director component onto the surfaces of the cell. The surface noncontacting directors, however, lie approximately in a plane which is perpendicular to the surfaces of the cell.

The method of operating the liquid crystal cell 100 as a variable optical retarder is directed to the disclination-free surface noncontacting director relaxation from the electric field aligned or "ON" state depicted by Fig. 7A to the planar configuration or "OFF" state depicted by Fig. 7B. In the present invention, liquid crystal cell 100 is operated as a zero to half-wave retarder whose optic axis corresponds to the alignment direction of the surface noncontacting directors 120.

Linearly polarized light which propagates in direction 126 normal to the surfaces of electrode structures 102 and 104 is coincident with the direction of surface noncontacting directors 120 when the liquid crystal cell is in the "ON" state. Directors 120 are oriented in such "ON" state so that there is a negligible projection of the optic axis on the electrode structure surfaces of the cell. Under these conditions, liquid crystal cell 100 produces substantially reduced optical retardation for incident light propagating in the direction 126.

Linearly polarized light which propagates in direction 126 normal to the surfaces of electrode structures 102 and 104 is noncoincident with the alignment direction of surface noncontacting directors when the liquid crystal cell is in the "OFF" state. Directors 120 are oriented in such "OFF" state so that each one of a substantial number of them projects a component on the electrode structure surfaces of the cell. Under these conditions, liquid crystal cell 100

has an effective birefringence for generally normally incident light. The orientation of surface non-contacting directors 120 provides essentially half-wave optical retardation for light of the wavelength which satisfies
5 the mathematical expression:

$$\frac{\Delta n d}{\lambda} = \frac{1}{2}$$

10 where d represents the thickness 128 and Δn represents the effective birefringence of the cell.

It will be obvious to those having skill in the art that many changes may be made in the above-
15 described details of the preferred embodiments of the present invention.

CLAIMS

1. A light-reflecting three-dimensional display system operable for use with a light source that emits images which correspond to first and second depth planes of a three-dimensional subject; the display system comprising:-

first and second light direction modulating means in optical communication with the light source, the first modulating means being operable in response to an electrical control signal to transmit and reflect an image incident to it, and the second modulating means being positioned to receive and reflect the image transmitted by the first modulating means; and

a control means in communication with the first modulating means to provide the control signal for selectably reflecting one of the first and second depth plane images from the first modulating means and transmitting the other of the first and second depth plane images through the first modulating means for reflection from the second modulating means, thereby to synthesize a three-dimensional image of the subject.

2. The display system of Claim 1 in which the first and second modulating means are positioned along an axis at different locations that correspond to the respective first and second depth planes.

3. The display system of Claim 1 in which the images are carried by polarized light rays, and each one of the first and second modulating means receives and reflects light rays without changing their rotational sense of polarization.

4. The display system of Claim 1 in which each one of the first and second modulating means includes a liquid crystal chiral cell.

5. The display system of Claim 4 in which the light source comprises at least one phosphor having an emission peak wavelength and the chiral cells have a reflectance characteristic of a predetermined band of

wavelengths, each one of the chiral cells being tuned so that the lowest wavelength of the reflectance characteristic is positioned near the emission peak wavelength.

5 6. The display system of claim 4 in which the second modulating means further comprises a half-wave plate.

7. The display system of claim 4 in which the liquid crystal chiral cells are of opposite-hand twists.

10 8. The display system of claim 1 in which the first modulating means includes a wavelength selective light reflecting means that reflects incident light rays of a predetermined sense of polarization and transmits all other incident light rays.

15 9. The display system of claim 8 in which the reflected light rays are included within a predetermined range of wavelengths.

10 10. The display system of claim 8 in which the images incident on the light reflecting means are carried by circularly polarized light rays, and the first modulating means further comprises a variable optical retarder that produces two amounts of optical retardation to develop two rotational senses of the circularly polarized light rays, thereby to cause the
25 light rays of one rotational sense to be transmitted and the light rays of the other rotational sense to be reflected by the first modulating means.

30 11. The display system of claim 10 in which the two amounts of optical retardation are zero retardation and approximately half-wave retardation, thereby to develop circularly polarized light rays of the two related rotational senses.

35 12. The display system of claim 10 in which the variable optical retarder comprises a liquid crystal cell comprising liquid crystal material which has directors and is contained between a pair of opposed, spaced-apart optically transparent electrode structures,

each electrode structure including a layer of optically transparent and electrically conductive material and the inner surface of each electrode structure having been conditioned so that the directors of the liquid crystal material in contact therewith become substantially uniformly aligned to form tilt bias angles with the conditioned surfaces, the tilt bias angles of the directors in contact with one conditioned surface being defined in a rotational sense opposite to the tilt bias angles of the directors in contact with the other conditioned surface.

13. A light reflecting three-dimensional display system operable for use with a light source that emits a sequence of images which correspond to $N+1$ depth planes of a three-dimensional subject, comprising:

N light direction modulating means in optical communication with the light source, each of the N modulating means being operable in response to an electrical signal to reflect the first image incident to it and to transmit the following images in the sequence;

a light direction modulating means in optical communication with the light source and positioned to receive and reflect the $N+1$ image transmitted by the N modulating means; and

control means in communication with each of the N modulating means to provide control signals for reflecting the first image incident to each of the N modulating means and for transmitting the following images therethrough for reflection from the following light direction modulating means, thereby to synthesize a three-dimensional image of the subject.

14. The display system of claim 13 in which each one of the modulating means includes a liquid crystal chiral cell.

15. The display system of claim 14 in which the liquid crystal chiral cells of the N modulating

means and the modulating means that receives and reflects the N+1 image are of opposite-hand twists.

16. The display system of claim 14 in which the modulating means that receives and reflects the N+1
5 image further comprises a half-wave plate.

17. A light reflecting three-dimensional display system operable for use with a multicolored image producing light source that emits images corresponding to first and second depth planes of a
10 three-dimensional subject, comprising:

first and second light direction modulating means in optical communication with the light source, the first modulating means being operable in response to an electrical control signal to transmit and reflect a
15 multicolored image incident to it, and the second modulating means being positioned to receive and reflect the image transmitted by the first modulating means; and

a control means in communication with the first modulating means to provide the control signal for
20 selectably reflecting one of the first and second depth plane images from the first modulating means and transmitting the other of the first and second depth plane images through the first modulating means for reflection from the second modulating means, thereby to
25 synthesize a three-dimensional multicolored image of the subject.

18. The display system of claim 17 in which the images are carried by polarized light rays, and each one of the first and second modulating means receives
30 and reflects light rays without changing their rotational sense of polarization.

19. The display system of claim 17 in which the first modulating means includes a wavelength selective light reflecting means that reflects incident
35 light rays of a predetermined sense of polarization and a predetermined range of wavelengths corresponding to

the primary colours of the images and transmits all other incident light rays.

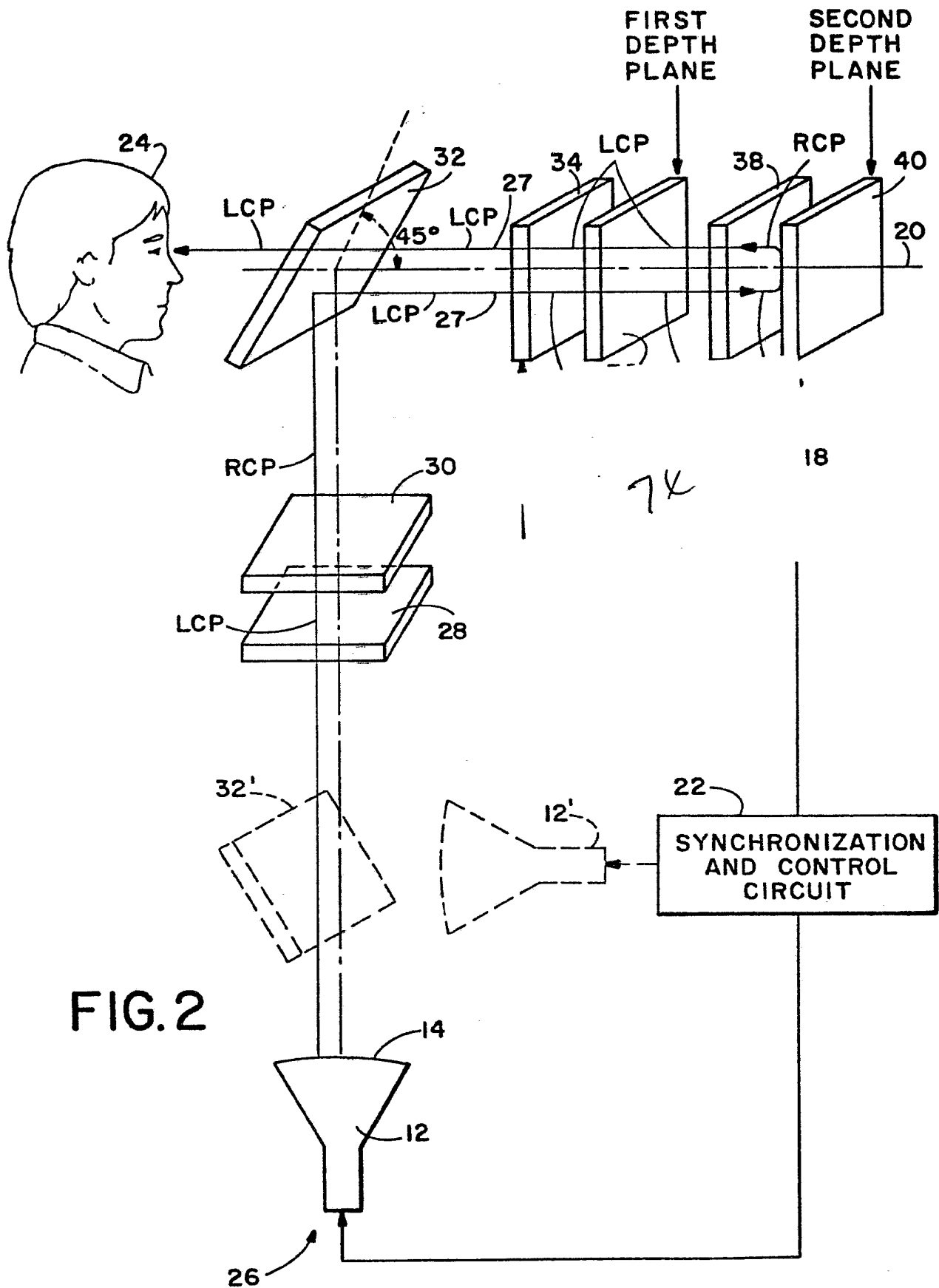
20. The display system of Claim 17 further including preventing means to prevent the transmission
5 of contaminant light rays in the synthesis of the three-dimensional image.

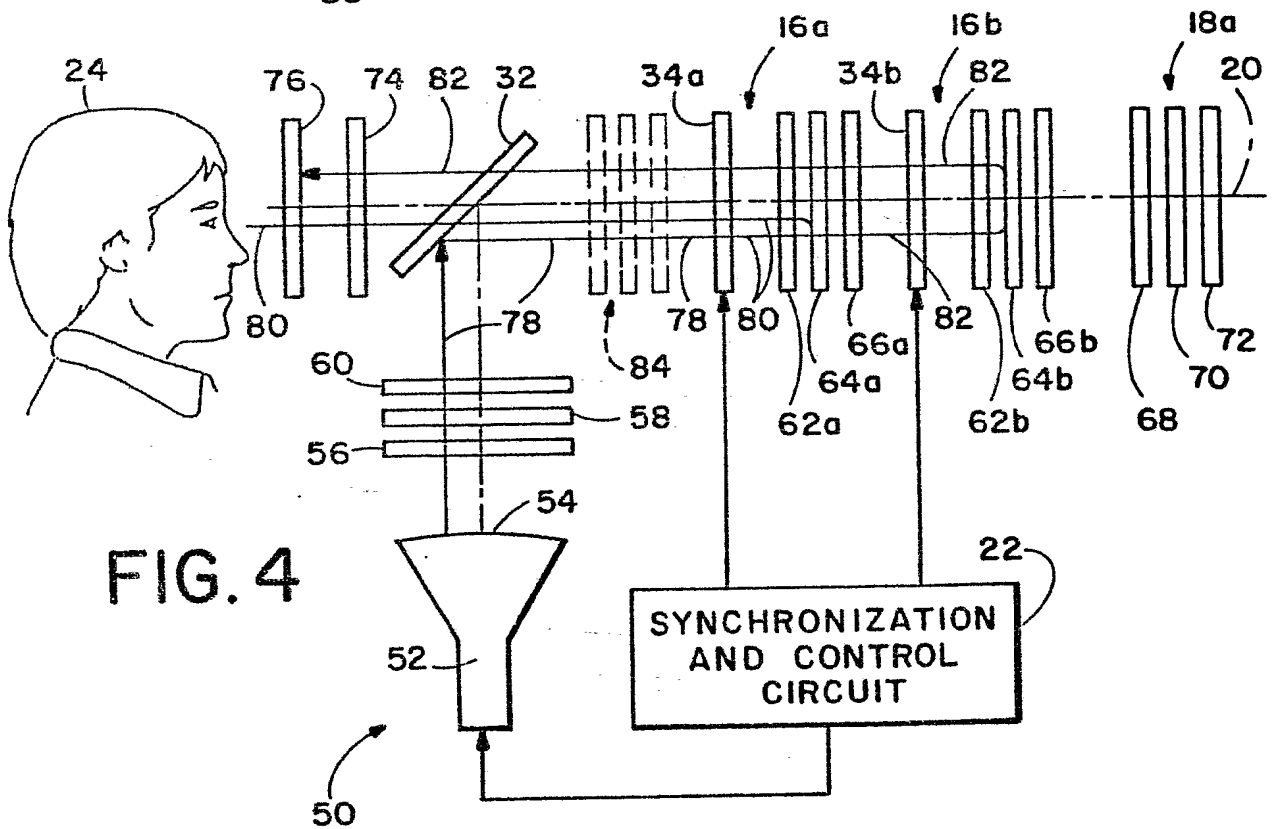
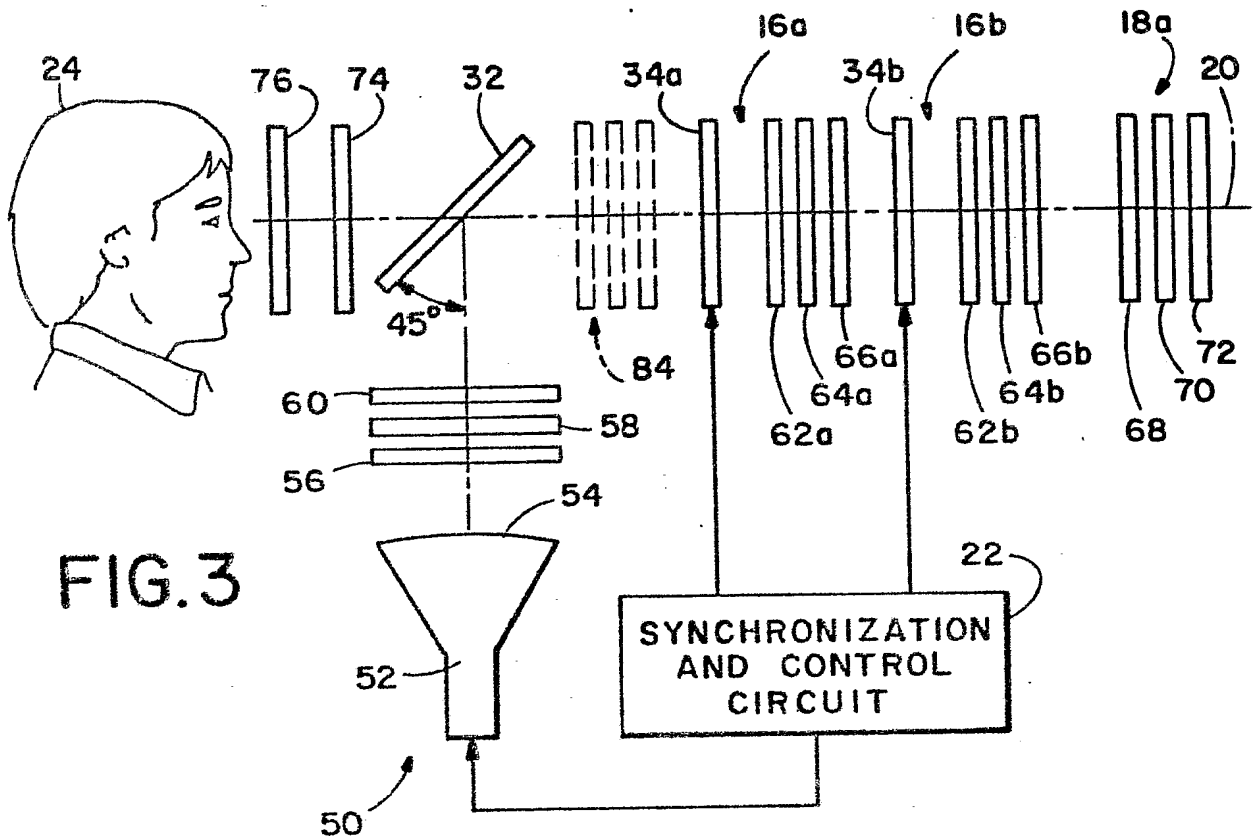
21. The display system of Claim 20 in which contaminant light rays exit the first modulating means and the preventing means is positioned so that it
10 prevents the transmission of them to an observer.

22. The display system of Claim 20 in which the preventing means absorbs most of the contaminant light rays before they reach an observer.

23. The display system of Claim 22 in which
15 the preventing means is positioned in front of the observer and comprises a quarter-wave plate and a linear polarizing filter.

24. A composite display system of any preceding claim in combination with the light source.





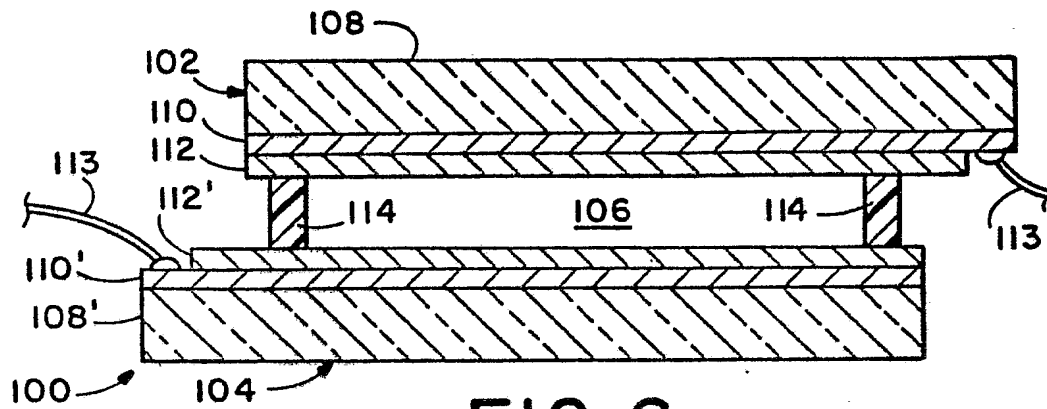


FIG. 6

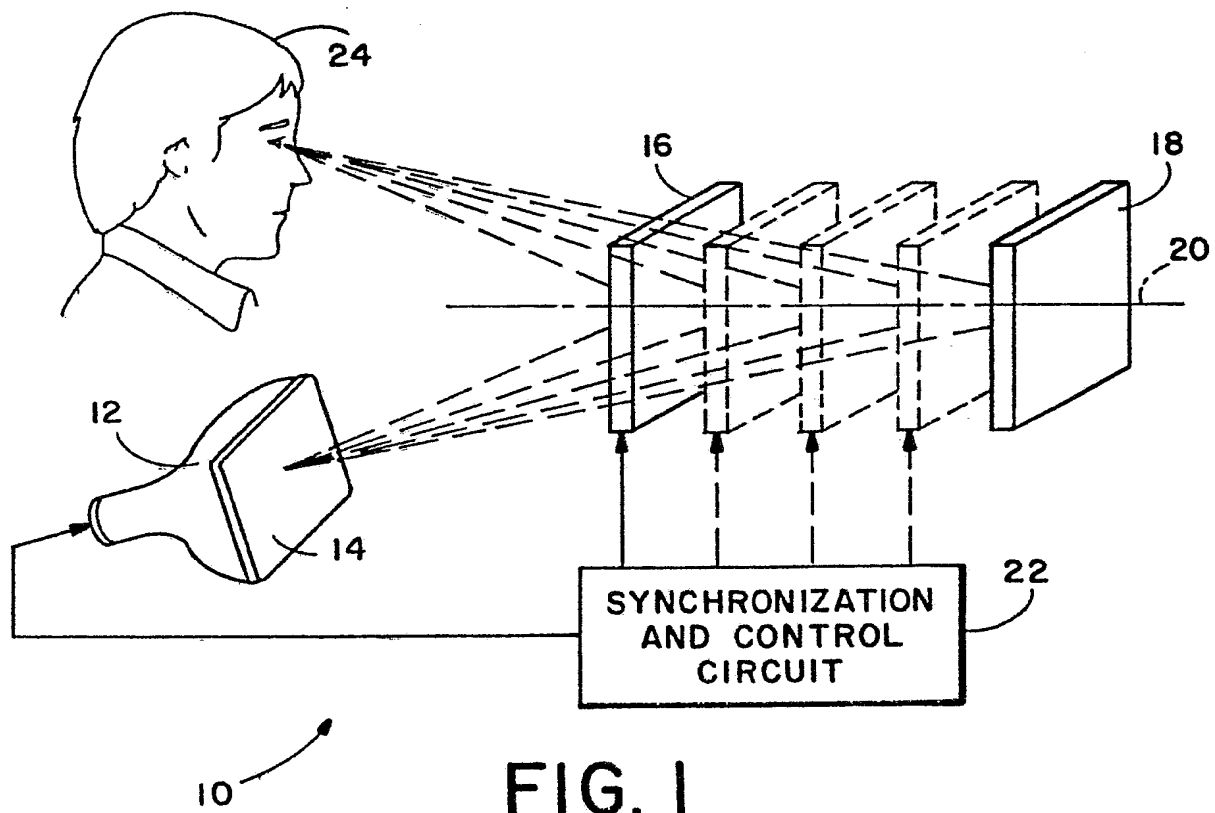


FIG. 1

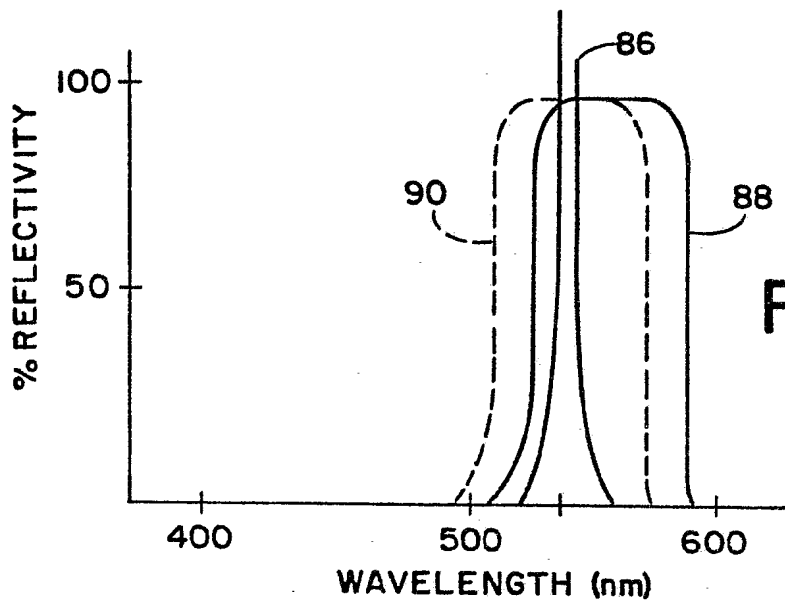


FIG. 7A
(on)

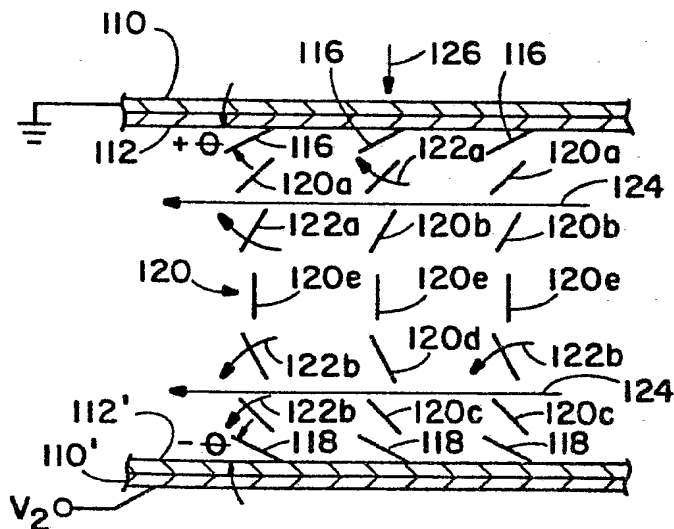
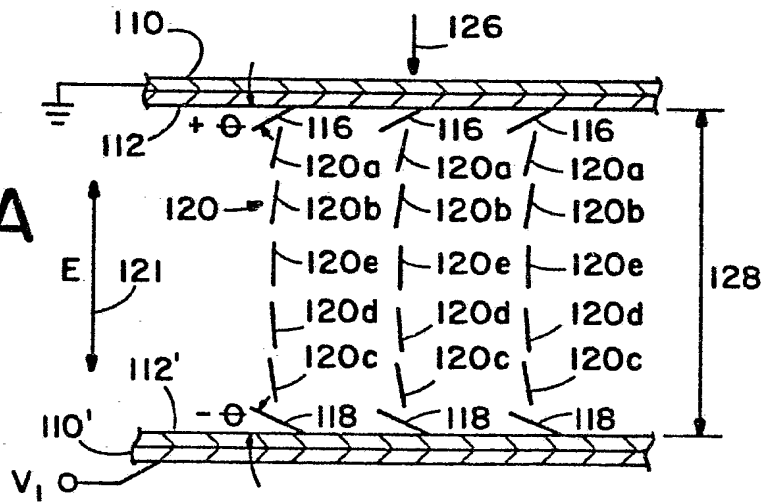


FIG. 7B
(off)

EP0336351

Publication Title:

Controlled color filter for use in information display applications.

Abstract:

Abstract of EP0336351

11f9 An electronic color filter system for controlling a picture element color signal includes three filter regions (32, 34, 36) which selectively control spectral components of light transmitted sequentially therethrough. Each filter region has a liquid crystal host material and a dye guest component. The orientation of the liquid crystal host, determined by an electric field applied to the filter material, determines the absorption coefficient of the dye guest component to polarized light. By appropriate selection of the guest dye component and control of the electric fields applied to the host liquid crystal, the transmitted light can have a selected radiation spectrum. The transmitted light of a multiplicity of picture elements can be used to provide a full-color visual image display.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Publication number:

0 336 351
A2

(12)

EUROPEAN PATENT APPLICATION

(21)

Application number: 89105846.3

(51)

Int. Cl.4: **G02F 1/137**

(22)

Date of filing: 04.04.89

(30)

Priority: 07.04.88 US 178949

(43)

Date of publication of application:
11.10.89 Bulletin 89/41

(34)

Designated Contracting States:
DE FR GB IT NL

(71)

Applicant: **HONEYWELL INC.**
Honeywell Plaza
Minneapolis Minnesota 55408(US)

(72)

Inventor: **Silverstein, Louis D.**
9795 East Pershing
Scottsdale, AZ 85260(US)
Inventor: **Bernot, Anthony J.**
16935 East Campbell
Gilbert, AZ 85234(US)

(74)

Representative: **Rentzsch, Heinz et al**
Honeywell Europe S.A. Holding KG Patent &
License Dept. Postfach 10 08 65
Kaiserleistrasse 39
D-6050 Offenbach am Main(DE)

(54)

Controlled color filter for use in information display applications.

(57) An electronic color filter system for controlling a picture element color signal includes three filter regions (32, 34, 36) which selectively control spectral components of light transmitted sequentially therethrough. Each filter region has a liquid crystal host material and a dye guest component. The orientation of the liquid crystal host, determined by an electric field applied to the filter material, determines the absorption coefficient of the dye guest component to polarized light. By appropriate selection of the guest dye component and control of the electric fields applied to the host liquid crystal, the transmitted light can have a selected radiation spectrum. The transmitted light of a multiplicity of picture elements can be used to provide a full-color visual image display.

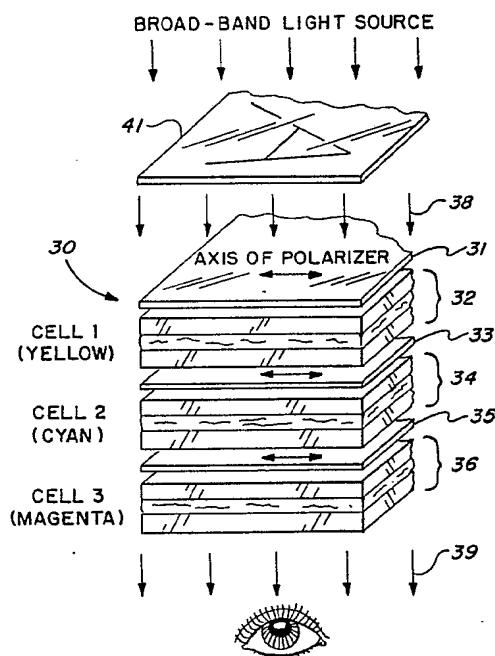


FIG. 4A.

EP 0 336 351 A2

CONTROLLED COLOR FILTER FOR USE IN INFORMATION DISPLAY APPLICATIONS

Field of the Invention

The present invention relates generally to devices for the display of color information and, more particularly, to multi-color segmented or matrix type displays in which a finite number of discretely addressable picture elements (pixels) are activated in appropriate combination to form a full-color image.

Description of the Related Art

Previous segmented or matrix display technologies used for generating full-color alphanumeric, graphic and/or television type video images have relied on additive color synthesis via high-density arrangements of small red (R), green (G), and blue (B) primary color pixels.

Color encoding has become a common feature in visual information displays. Although many types of color display systems and applications presently exist, there are many other potentially useful applications of color which have not been developed due to limitations in existing color display technology. Virtually all existing color displays are additive color systems, in that full color is produced by either the spatial integration of very small primary color points (i.e., very small R, G, and B pixels) or the temporal integration of sequentially presented image fields of alternating primary colors.

Both of these additive approaches to color synthesis have significant limitations. Spatial additive color synthesis requires high pixel density or resolution, since the projected angular subtense of small primary color elements (i.e., R, G, and B pixels) must be encompassed within the spatial integration zones of the human visual system. If primary color elements are too large, then complete color synthesis will fail to occur and color fringes or patterns will be apparent in the image. The requirement for three "populations" of spatially separated primary color elements to produce a full-color image, as in the shadow-mask cathode ray tube, results in a reduction of available image sampling resolution of the display device. For applications requiring full color and very high image resolution, such as systems for the display of sensor video information, spatial additive approaches to color synthesis are generally not feasible due to the resultant losses in image sampling resolution. In addition, many applications for color information displays require only low image resolution, such as color-coded alphanumeric or symbolic displays. For low-resolution displays, spatial additive color

technology is generally not appropriate since relatively high pixel resolution or density is required for adequate color synthesis even though image resolution requirements are substantially lower. High pixel density usually incurs high cost, and many potentially useful applications of color in low resolution displays remain undeveloped due to the relatively high cost of spatial additive color display technology.

Temporal color synthesis does not rely on three "populations" of spatially separated R, G, and B pixels to produce a full-color image, but rather achieves color synthesis by rapid sequential alternation of primary color images. This approach to color synthesis does not degrade image resolution, as does spatial color synthesis. Full color control is effectively achieved at each individual image pixel. Temporal synthesis is generally implemented by a broad-band image forming source passing light sequentially in time through three color filters (typically R, G, and B). The image forming source must be synchronized with the three color filters such that appropriate parts of the image with an intended color are displayed while the respective filter or filters are in front of the image forming source. The most popular implementations of such "frame-sequential" color display systems are typified by the use of a cathode ray tube with a broad-band phosphor (i.e., emitting white light) as the image forming source and a rotating color wheel containing R, G, and B filters as the color rendering component. More recently, the color wheel has been replaced by a non-mechanical component consisting essentially of a liquid crystal (LC) switchable optical polarizer and several layers of polarized color filter films.

The disadvantages of color display systems which utilize temporal color synthesis (i.e., frame-sequential color mixing) are rooted in the fact that, in such systems, the individual primary color image fields are separated in time and are only present for one third of the total display viewing period. Since three color image fields must be presented in the same amount of time as a single field in a spatial additive color display or a monochromatic display, frame-sequential displays require an extremely high system bandwidth in order to produce a full-color image at a refresh rate high enough to minimize observable flicker. Even with high system bandwidths and full-color refresh rates equivalent to monochromatic or spatial additive color displays (i.e., three times the refresh rates of non-frame-sequential displays), frame-sequential color displays are prone to image flicker due to the luminance modulation existing between sequential

color image fields. A more important limitation of the temporal synthesis approach to color mixture, however, is the fact that mixture colors are often observed to smear or separate into their individual primary color image components during motion of either the displayed image or the observer's eyes.

A need has therefore been felt for color display apparatus that overcomes the problems created by the use of additive techniques.

FEATURES OF THE INVENTION

It is an object of the present invention to provide an improved display apparatus.

It is a feature of the present invention to provide an improved liquid crystal display.

It is another feature of the present invention to provide a liquid crystal display in which transmitted radiation for each display pixel has spectral components subtracted in order to obtain a selected color signal.

It is yet another feature of the present invention in which a segmented color display has spectral components subtracted from transmitted radiation to provide the color functionality.

SUMMARY OF THE INVENTION

The aforementioned and other objects are accomplished, according to the present invention, by an electronically controlled color filter and several implementations of full-color information displays which incorporate this electronic color filter as a critical element. The unique and fundamental aspect of this color filter is the utilization of a subtractive method of color synthesis, rather than the spatial or temporal additive techniques which characterize existing switchable color filters and related color display technology. The basic elements of this subtractive color filter are three guest/host liquid crystal cells each containing a different dichroic guest dye {typically magenta (-G), cyan (-R), and yellow (-B) dyes} and stacked in registration along with associated structural components and optical components (e.g. polarizers and/or fiber-optic plates). The cells can include patterned electrodes {and for some applications integral sample-and-hold features such as thin film transistors (TFTs) at individual pixels} when the device is configured as either a low- or high-resolution full-color display, or a uniform electrode layer when the device is configured as a simple electronic color filter. When the device is configured as a color display, only a broad-band source of illumination is required for

full-color image presentation. In the simple electronic color filter configuration, the device is used in conjunction with a broad-band image forming source, such as a cathode ray tube with white-emitting phosphor or a back-lit patterned illuminator with broad-band lamp, and serves as a spectrally selective light valve which modifies the color of the transmitted image.

These and other features of the present invention will be understood upon reading of the following description along with the drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The rationale and preferred embodiment(s) of the present invention are illustrated in the attached drawings wherein:

Figures 1A and 1B show two existing approaches for producing full-color images using the spatial-additive method of color synthesis: the shadow-mask color cathode ray tube (1A) and the active-matrix addressed liquid crystal display panel with R-G-B color filter array (1B).

Figure 2 is a diagram of an electronic color filter using subtractive color mixture via three stacked guest/host cells with yellow, cyan, and magenta dichroic guest dyes.

Figures 3A and 3B illustrate the control of color generation by an electronic subtractive color filter for the colors red, green, blue, and yellow, respectively.

Figure 4A is a diagram of an electronic subtractive color filter coupled to a symbol or character mask to create a static information display with full-color capability.

Figure 4B is a diagram of an electronic subtractive color filter coupled to a broad-band, light-emitting image source to create a dynamic information display with full-color capability.

Figure 5 shows a full-color alphanumeric display constructed with an integral electronic subtractive color filter.

Figure 6 is a diagram of a 3-cell electronic subtractive color filter using a thin-film transistor active-matrix substrate in each cell to produce a full-color, high-resolution information display.

Figure 7 is a diagram of an active-matrix addressed electronic subtractive color filter coupled to a projection optical system to produce a full-color, high-resolution projection display in both a front-projection and rear-projection configuration.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENT

1. Detailed Description of the Figures

Figures 1A and 1B illustrate two commonplace embodiments of spatial-additive color information displays. Referring first to Figure 1A, the typical shadow-mask cathode ray tube 100 such as is used in commercial color television receivers and is the predominant device for color information display, is shown. Full color is achieved with the shadow-mask color cathode ray tube by the spatial integration of luminous emissions from closely-spaced R, G, and B phosphor dots 106, each of which is excited by an associated electron beam 102. The phosphor dots are positioned on the cathode ray tube face 104. The electron beams 102 are generated by a plurality of electron guns. The R, G and B phosphor dots 106 are arranged in pixel groups 105. The electron beams 102 exciting each phosphor dot of a pixel group 105 pass through an aperture associated with each pixel group 105 in the shadow mask 103. Note that the spatial integration of chromatic information is performed by the observer's eye and not the display device, thus requiring the display device to possess sufficient resolution such that the individual primary color elements are not individually resolvable by the eye of the observer.

Referring next to Figure 1B, another full-color display device which relies on spatial-additive color synthesis, is shown. This display is generally referred to as a active-matrix addressed liquid crystal color matrix display. While the basic principles of image formation and color mixture are the same as those used in the shadow-mask color cathode ray tube, the liquid crystal color matrix display 120 employs a liquid crystal material which serves as an electronically-controlled light valve at each picture element to individually gate incident light through a micro-layer of color filters (typically R, G, and B). Back light 130 is transmitted through polarizing material 127. The back light is then transmitted through the glass substrate 126 upon which are positioned thin film transistors 128. Liquid crystal material 125 is contained between glass substrate 126 and common (transparent) electrode 123. Associated with each thin film transistor 128 is a filter 124. The thin film transistor 128 controls the intensity of light transmitted through the associated filter 124. Three filters (R, G and B) 128 form an image pixel. The filtered light is then transmitted through glass substrate 122 and polarizing unit 121.

Referring next to Figure 2, the fundamental elements of the present invention, the electronically-controlled subtractive color filter 20,

are illustrated. These fundamental elements include three guest/host liquid crystal cells each containing a different dichroic guest dye {typically a magenta dye (-G) cell 23, a cyan dye (-R) cell 22 and a yellow dye (-B) cell 21} and aligned in serial registration along with associated structural and optical components. The dichroic dye guest materials are attached to the liquid crystal host molecules in such a manner that, as the host molecular orientation aligns with respect to the applied electric field, so does the dye guest. The guest/host medium is contained between glass or plastic polymer plates and sealed by epoxy or thermoplastics. Depending upon the cell surface alignment and the liquid crystal materials used, the resulting guest/host medium can be one of several types: a) the single polarizer type (shown in Figure 2); b) the White-Taylor mode type; c) the phase change guest/host type; or d) the positive contrast negative anisotropic dielectric type. Guest/host medium types b, c, and d do not require a polarizer between the guest/host cell(s) and incident light, whereas type a requires a polarizing unit 21 oriented along the same direction as the liquid crystal host direction. The guest/host liquid crystal cells can be constructed with positive anisotropic liquid crystal materials such that the liquid crystal guest/host cells are selectively spectrally absorbing in the off state and become optically clear as a voltage is applied to the cell. The host liquid crystal material may be of the nematic, cholesteric, or smectic types. For positive anisotropic nematic and smectic hosts, a homogeneous molecular alignment to the cell surfaces is preferred. The guest/host liquid crystal cells can also be constructed with negative nematic anisotropic hosts and homeotropic molecular alignment. The guest host liquid crystal cells would then be optically clear in the off state and selectively spectrally absorbing in the on state. These host materials generally have higher voltage requirements and are not as readily available as "positive" nematic materials.

Figure 2 also illustrates the basic principles of operation of the electronically controlled subtractive color filter. As can be seen, broad-band incident light 29 from a broad-band source is first passed through a polarization layer and then sequentially through the three sequentially aligned guest/host liquid crystal cells 20. Depending upon the guest dyes utilized and the voltage applied to each cell, the chromaticity (color) and luminance of the light emerging from the sequentially-aligned guest/host cells 20 can be completely controlled.

Referring next to Figure 3A and Figure 3B wherein anisotropic guest host dye cells with homogeneous molecular alignment are stacked, the operation of an electronically controlled subtractive color filter so as to produce the colors red, green,

blue, and yellow, respectively, is illustrated. Incident (white and unpolarized) light 38 impinges on polarizing plate 31 and is transmitted therethrough to impinge on cell 1 32 having yellow dye material incorporated therein. Cell 1 32 includes a first glass substrate 32A and a second glass substrate 32C enclosing guest/host medium 32B. The light transmitted through cell 1 32 is transmitted through polarizing plate 33 having an axis of polarization parallel to the axis of polarization of polarizing plate 31. After transmission through polarizing plate 33, the light is transmitted through cell 2 34. Cell 2 34 has cyan dye material incorporated therein. Cell 2 34 is comprised of glass substrate 34A and glass substrate 34C enclosing guest/host medium 34B. The light transmitted through cell 2 34 is transmitted through polarizing plate 35, polarizing plate 35 having an axis of polarization parallel to the axis of polarization of polarizing plate 31. The light transmitted through polarizing plate 35 is applied to cell 3 36. Cell 3 36 has a magenta dye incorporated therein and has glass substrate 36A and glass substrate 36C enclosing guest/host medium 36B. The light transmitted through cell 3 36 is the emerging light 39 which will be polarized. (It will be clear that cell 1 32, cell 2 34 and cell 3 36 each can have a multiplicity of independently addressable pixel points, the pixel points for each cell aligned with related points for the other two cells.) Referring next to Figure 3B, the configuration of the filter 30 to provide selected colors is shown. When cell 1 32 (with yellow dye) is off or absorbing, cell 2 34 (with cyan dye) is on or transmitting and cell 3 36 (with magenta dye) is off or absorbing, then the transmitted light will be red. Figure 3B illustrates the liquid crystal cell states that provide green, blue and yellow emerging light. It will be clear that the configurations and colors illustrated in Figure 3B constitute only a limited set of the colors and luminance gradations achievable with the present invention. Also note that the subtractive color filter construction shown in Figure 3A (as well as Figures 4 and 5) contains a polarizer behind each component guest/host liquid crystal cell. This particular type of filter construction has been found to operate effectively for direct-view display applications in which a wide viewing angle is desired. The polarization of light prior to passage through each cell minimizes the effects of molecular birefringence in each cell and resulting chromatic shifts when viewed off-axis. The off-axis chromatic shifts resulting from molecular birefringence can alternately be minimized or eliminated by the use of liquid crystal host and dye guest materials possessing very low molecular birefringence, thereby providing good off-axis color performance and higher luminance throughput than is possible by the use of a maximum of one polarization layer.

The effects of molecular birefringence and viewing parallax are of no consequence in projection applications of the electronic subtractive color filter.

The preferred embodiment and principles of operation of the basic subtractive color filter of the present invention having been described above, the embodiment(s) of several forms of full-color information display devices (as well as a unique application for electronic spectral shaping of light sources), which employ the electronic subtractive color filter as a fundamental element, can now be considered. Six embodiments of the present invention will be described. The first three embodiments utilize the electronic subtractive color filter as an integral component which is coupled to a monochromatic image forming source, thereby imparting full color capability to an otherwise monochromatic display device. The last three embodiments incorporate the function of image formation within the color filter stack itself, enabling the creation of both direct-view and projection-mode full-color information displays of either high or low resolution with the simple addition of a broad-band source of illumination. Prior reference to the use of subtractive color mixture, at least in theory or concept, has been mentioned within the context of potential application to direct-view, full-color information displays (T. Uchida, "Color LCDs: Technological Developments", *Japan Display*, 1983, pp. 202-205). However, in this reference it is stated that subtractive color technology is potentially suitable only for low-resolution, direct-view display applications, and that only the active-matrix addressed liquid crystal color matrix display (as described in Figure 1b) is promising for practical use. This is in direct contradiction to the present patent disclosure, wherein the basic construction and principles of operation of a practical, electronically-controlled subtractive color filter are detailed and the preferred embodiment(s) for six information display applications of the present invention are described.

The first embodiment of the present invention is depicted in Figure 4A, wherein the electronic subtractive color filter 30 receives light from a broad-band source passing through a static alphanumeric character or symbol mask 41 before being transmitted through the filter 30. In this configuration, the present invention serves to impart full color control to an otherwise monochromatic display of information. This embodiment is particularly useful for illuminated annunciators and control actuators (e.g., push-buttons) with illuminated legends, where the addition of color coding can provide supplementary information to the static image.

A second and related embodiment of the electronic subtractive color filter receives light from the source of illumination and controls the color temperature or otherwise shapes the spectrum of the

source of illumination. This embodiment is particularly applicable to aircraft cockpit panels and ship-board control panels, where it is highly desirable to maintain a constant color appearance of light sources and illuminated annunciators under all ambient lighting and panel dimming conditions. In this manner, the inherent decrease in color temperature associated with the voltage-controlled dimming of tungsten light sources can be offset or compensated for by the present invention. Within this context, the electronically-controlled subtractive color filter can provide automatic spectral shaping of cockpit light sources so as to render them night-vision-goggle compatible. The present invention thus permits the spectral output characteristics of sources of illumination to be automatically switched or optimized for both daytime and night/night-vision-goggle compatible operations.

The third embodiment of the present invention is illustrated in Figure 4B, in which the electronic subtractive color filter is placed between a broadband, light-emitting image source (e.g., a monochrome cathode ray tube) 42 and an observer. In this implementation, the image source 42 provides dynamic, monochromatic image generation and the subtractive color filter imparts color to the image as it passes through the stack of guest/host liquid crystal cells 30. The most basic implementation of this third embodiment would provide only for switching the color of the entire image. Multiple colors within the same image would not be possible, and therefore the device would not be suitable for color video applications. However, the electronic subtractive color filter can be operated in a frame-sequential mode such that red, green, and blue image components are produced sequentially in time and integrated by the observer's eyes. This mode of operation would allow a complete multi-color image to be generated and is potentially suitable for color video imaging. The concepts of temporal color synthesis and the principle of frame-sequential color mixture, as well as the disadvantages of such an approach to color display development, have been previously discussed above.

Referring next to Figure 5, a fourth embodiment of the present invention comprising a direct-view, low-resolution color display, in which the image forming source is integral to the electronic subtractive color filter, is shown. The basic color filter unit is similar to that described in Figure 3 wherein three aligned polarizing plates 31, 33 and 35 and three cells 32, 34 and 36, the cells each including glass substrates enclosing a guest/host medium, control the transmission of light therethrough. In the present embodiment, an image is formed via patterned transparent electrodes 51 deposited on one of the glass (or plastic) plates of each guest/host liquid crystal cell. Conducting

leads 52 are used to couple the electrodes 51 to a voltage source (not shown). The other plate of each cell contains a simple backplane electrode 53. When a voltage is imposed across each cell, the liquid crystal material and guest dichroic dye switch only in the area under the patterned electrode. In order to achieve full-color, the three cells must be carefully aligned such that filtered light transmitted through the patterned areas of one cell sequentially passes through the corresponding patterned areas of the next sequential cell. A potential problem for this implementation occurs with respect to off-axis viewing or parallax. Image misregistration due to parallax between layers of the three-cell stack can be minimized or functionally eliminated by the use of very thin glass or plastic plates for guest/host liquid crystal cell 32, 34 and 36 construction. Further reductions in the thickness of the stack of liquid crystal cells can be achieved by constructing the complete subtractive color filter using four plates, with patterned electrodes being deposited on both surfaces of one of the two inner plates (this also simplifies cell alignment). Moreover, low birefringence liquid crystal materials can be used such that the display can be constructed with a single polarizer. An alternative approach for eliminating parallax in stacked cells is to use a fiber-optic plate as the cell surface closest to the observer. The fiber-optic plate "channels" the light passing through the stack of cells and prevents the observer from looking obliquely through the cells, thereby eliminating or minimizing image misregistration due to parallax.

The preferred embodiment of the electronic subtractive color filter for direct-view, low-resolution color display applications, as described in the preceding paragraph, is particularly suitable for full-color alphanumeric and low-resolution graphics applications. A major advantage of this technical approach is elimination of the need for high pixel density (which is required to accommodate spatial color synthesis) resulting in a relatively simple, low-cost, full-color information display for those applications requiring only low to moderate image resolution. The low pixel density required for this display implementation allows the use of simple multiplexed pixel addressing and voltage drive techniques.

Referring next to Figure 6, a fifth embodiment of the present invention suitable for direct-view, high-resolution, full-color display applications is shown. Figure 5 illustrates this embodiment, in which each cell 32, 34 and 36 of the electronic subtractive color filter 30 contains a high-density matrix of picture elements and control the transmission of impinging broad band light therethrough. In turn, each picture element contains an integral sample-and-hold device (e.g., a thin-film transistor) 61 along with the address conducting leads (not

shown). This active-matrix addressed subtractive color display has many construction features in common with the active-matrix addressed liquid crystal color matrix display depicted in Figure 1B. However, the major advantage of this embodiment of the present invention is the much higher full-color image resolution achievable with the electronic subtractive color filter as compared to a spatial additive approach in which at least three primary colors (R,G,B) must be represented in the image plane for each image point. As with the low-resolution, direct view configuration described with reference to Figure 5, parallax is a potential problem in high-resolution, direct-view applications. The approaches for eliminating or minimizing parallax described for the previous embodiment are also applicable to the present high-resolution configuration.

Referring next to Figure 7, the final embodiment of the present invention described herein utilizes the electronic subtractive color filter 30 as an image-forming, full-color, projection light valve. Image generation by the color filter 30 in response to incident radiation 38 can be for a low resolution image, in which case a direct multiplexed addressing technique is preferred, or for a high resolution image, in which case an active-matrix addressed configuration for pixel addressing in each guest/host liquid crystal cell 30 is typically preferred. Figure 7 illustrates a high-resolution implementation of the projection-mode embodiment of the present invention. In this embodiment, the electronic subtractive color filter 30 functions as a full-color image-forming source which, when coupled to a broad band source of illumination 38 and relay lens 71 arrangement, is capable of projecting a full-color image on either a front- or rear-projection screen surface 72. The projection mode embodiment is particularly suitable for very high-resolution, full-color, large area display systems as well as for head-up display (HUD) and helmet-mounted display (HMD) applications. For a HUD system, the full color image is collimated and then projected onto a transparent optical combiner which, via reflection of the projected image, superimposes the projected image with other visual images passing through the optical combiner. The HMD implementation is very similar to the HUD configuration, with the exception that the image source and optical combiner are now incorporated within a helmet worn by the display observer. In that both HUD and HMD systems require extremely high image resolution, the present invention is uniquely suited to provide the requisite resolution combined with full color capability for such devices. The capability for extremely high-resolution, full-color image generation in the projection mode of the present invention is primarily a function of the fundamental property

of the electronic subtractive color filter which yields full-color control at each individual picture element. Moreover, parallax and molecular birefringence effects are of little or no consequence in the projection-mode embodiment as a completely registered image is passed through the stack of guest/host liquid crystal cells and then projected onto a remote viewing surface, thereby affording the observer no opportunity to view the image source from an off-axis perspective.

2. Operation of the Preferred Embodiment

The present invention employs a subtractive approach to color generation which enables full color control to be achieved at each individual image pixel or segment. When used as an electronic color filter, such that an image is formed by some other associated image forming device {e.g., a cathode-ray tube (CRT) or patterned image transilluminated by a light source}, the present invention can control the spectral emissions from the image forming source or impart color to an otherwise achromatic or monochromatic formed image.

The subtractive liquid crystal displays of the present invention rely on the properties of the filter materials. The filter materials have controllable absorption characteristics, each of the three filter elements influencing (i.e., absorbing) radiation in a preselected portion of the spectrum and having a negligible influence on the remaining portion of the transmitted spectrum. By appropriate selection of the filter materials, the color components in a color chart combination, determined by the filter characteristics, can be achieved at each pixel point when the impinging radiation (transmitted by the pixel filter) has the required spectral components. The directional nature of the transmitted radiation can be reduced, when a wider viewing angle is desirable, by placing a diffusion plate in front of the transmitted radiation.

As was previously discussed, the invention consists of a novel approach to developing an electronically-controlled color filter and several implementations of full-color information displays which incorporate this electronic color filter as a critical element. The unique and fundamental aspect of this color filter is the utilization of a subtractive method of color synthesis, rather than the spatial or temporal additive techniques which characterize existing switchable color filters and related color display technology.

The present invention solves several of the problems inherent to full-color display technology by employing a subtractive, rather than an additive approach to color mixture. Using subtractive color mixture, a full-color information display is created

by using a single broad-band light or image source which passes emitted light through a stack composed of three thin liquid crystal cells. Each cell contains a different dichroic dye in a guest/host arrangement with the liquid crystal medium. Typically, magenta (M), cyan (C), and yellow (Y) dichroic dyes are used, which are the respective color complements of the R, G, and B primaries of additive color systems, however other dye combinations can be employed. The dichroic guest/host liquid cells each constitute an electronic color filter, which is switchable by the application of an appropriate voltage(s) across the two plates of the cell. In one extreme state, the cell simply passes all spectral components of light, while in the other extreme state the spectral composition of light passing through the cell is altered by the particular dichroic dye such that the complementary color of the dye is blocked or subtracted from passage through the cell. Applied voltage levels in between those required to produce the extreme states result in gradations of the spectral shaping produced by the cell. Since spectral components of a broad-band source of light are subtracted (-R, -G, -B) rather than added (+R, +G, +B), a full-color electronic filter can be constructed by stacking three cells with an appropriately selected dye for each cell. Given a broad-band light source and a three-cell stack incorporating a pixel addressing mechanism in each of the cells, a full-color information display is created with complete color control at each individual pixel. Alternatively, given a broad-band image forming source (i.e., a monochromatic display emitting white light) and a three-cell stack mounted in front of the imaging device, a full-color information display is created in which the monochromatic image forming source controls image construction or detail and the three-cell liquid crystal stack serves as an electronically controlled color rendering filter.

The present invention offers several advantages over existing approaches to the development of full-color information displays. First, the creation of a color display which uses subtractive color mixture enables full color control at every display pixel, eliminating degradations of potential resolution inherent to spatial additive approaches which require separate R, G, and B pixels to form each full-color image element. Second, a full-color low resolution display can be created without the high cost associated with spatial additive color display technologies which require a relatively high density (i.e., resolution) of primary color pixels just to accomplish the color mixture or synthesis function. Third, a color display using an electronically controlled color filter as described herein does not require frame-sequential operation and is thus not prone to the visual flicker and color image smear

resulting from temporal color synthesis. Finally, the invention offers great flexibility for the design of color display systems used in a wide variety of applications, and can be configured as a simple electronic color filter for modifying the color of a monochromatic light or image source or as either a low- or high-resolution full-color information display.

With respect to the liquid crystal/dye components used in the liquid crystal cells, suitable materials are commercially available, e.g., from EM Industries Inc., Advanced Chemical Division, 5 Skyline Drive, Hawthorne, N.Y. 10532.

The foregoing description is included to illustrate the operation of the preferred embodiment and is not meant to limit the scope of the invention. The scope of the invention is to be limited only by the following claims. From the foregoing description, many variations will be apparent to those skilled in the art that would yet be encompassed by the spirit and scope of the present invention.

Claims

1. A color filter for controlling transmission of applied light to provide a selected output color signal **characterized by**

a) a first filter (32) including

a1) a first dye material cell (32B) having an absorption coefficient in a first preselected spectral range determined by an electric field strength applied thereto,

a2) first electrodes positioned to apply an electric field to said first dye material having an electric field strength determined by a first voltage applied across said first electrodes;

b) a second filter (34) including

b1) a second dye material cell (34B) having an absorption coefficient in a second preselected spectral range determined by an electric field, strength applied thereto.

b2) second electrodes positioned to apply an electric field to said first dye material having an electric field strength determined by a second voltage applied across said second electrodes;

c) a third filter (36) including

c1) a third dye material cell (36B) having an absorption coefficient in a third preselected spectral range determined by an electric field strength applied thereto,

c2) third electrodes positioned to apply an electric field to said third dye material having an electric field strength determined by a third voltage applied across said third electrodes; and

d) voltage means for providing said first, second and third voltages resulting in said selected output color signal.

2. The filter of claim 1, **characterized in that** said first, second and third dyes (32B, 34B, 36B) include a dichroic guest dye coupled to a liquid crystal.

3. The filter of claim 1 or 2, **characterized by** a polarizing element (31) to polarize radiation applied to said color filter.

4. The filter of one of the preceding claims, **characterized in that** said color filter (30) includes a multiplicity of sets of aligned first, second and third cells (32, 34, 36); each set of aligned cells controlling transmission of light in a preselected region of said filter.

5. The filter of claim 4, **characterized in that** each of said preselected regions is a segment of a segmented display (Fig. 4A).

6. The filter of claim 4, **characterized in that** each of said preselected display regions is a pixel region (Fig. 4B).

7. An electronically controlled color display **characterized by**

a) a broad band source of radiation; and

b) color filter means responsive to electronic signals for controlling transmission of light therethrough, said filter means including;

at least a first plurality of liquid crystal cells, each of said first liquid crystal cells controlling transmission of light through a selected portion of said color display said liquid crystal cell having a first dye material incorporated therein, each of said first liquid crystal cells having electrodes coupled thereto for applying an electric field across said liquid crystal and first dye material, each said first liquid crystal cells absorbing a first spectral component of said transmitted light by an amount determined by an electric field applied thereto, said first spectral component determined by said first dye material.

8. The display of claim 7, **characterized by** a second plurality of liquid crystal cells with a second dye material incorporated therein, each of said second plurality of liquid crystal cells being aligned with a one of said first plurality of liquid crystal cells, each of said second plurality of liquid crystal cells controlling transmission of a second spectral component therethrough.

9. The display of claim 8, **characterized in that** each of said first liquid crystal cells and said aligned second liquid crystal cell is a segment of a segmented color display.

10. The display of claim 8, **characterized in that** each of said first liquid crystal cells and said aligned second liquid crystal cell is a pixel of a matrix color display.

11. The display of claim 8, 9 or 10, **characterized by** a third plurality of liquid crystal cells with a third dye material incorporated therein, each of

said third plurality of liquid crystal cells being aligned with a one of said first plurality of liquid crystal cells and a one of said second plurality of liquid crystal cells, each of said third plurality of liquid crystal cells controlling transmission of a third spectral component therethrough.

12. The display of claim 11, **characterized in that** said first spectral component is a yellow component, said second spectral component is a cyan component and said third spectral component is a magenta component.

13. The filter or display according to one of the preceding claims, **characterized in that** said liquid crystal material is a positive anisotropic nematic or smectic material.

14. The display of one of the claims 11 to 13, **characterized by** means (72) for using transmitted spectral components in a projection display.

15. The filter or display according to one of the claims 1 to 13, **characterized by** a polarizer (31, 33, 35) provided at the light incident side in front of each filter cell (32, 34, 36).

16. The filter or display according to claim 15, **characterized in that** cell polarizers (31, 33, 35) have the same direction of polarisation.

17. A method for providing an output radiation signal having a predetermined color spectrum **characterized by** the steps of:

a) positioning a first (32), a second (34) and a third (36) liquid crystal filter cell in a manner that an input radiation signal passes through each cell;

b) coupling a first, a second and a third dye material (32B, 34B, 36B) to a host liquid crystal in said first, second and third liquid crystal filter cell, each dye having selected spectral absorption properties, a strength of each absorption coefficient determined by a voltage applied to a cell; and

c) applying a voltage to each of said liquid crystal filter cells, the magnitude of each of said voltages being determined by spectral components to be removed from said input radiation to obtain said output radiation.

18 The method of claim 17, **characterized by** said coupling step including the step of coupling first, second and third dichroic dye molecules to said first, second and third host liquid crystal molecules.

Neu eingereicht / Newly filed
Nouvellement déposé

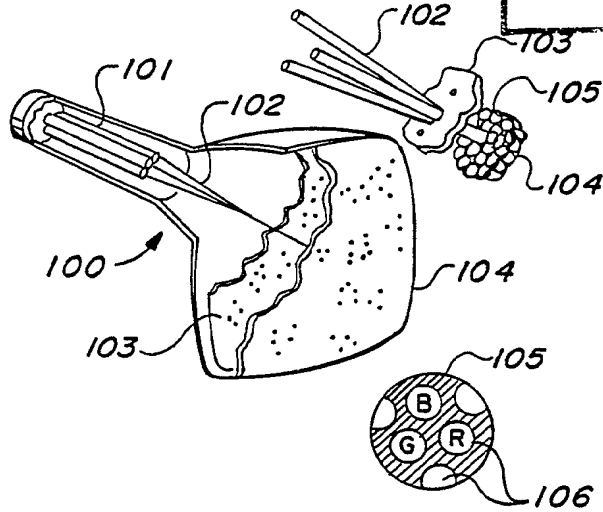


FIG. 1A.

FIG. 1B.

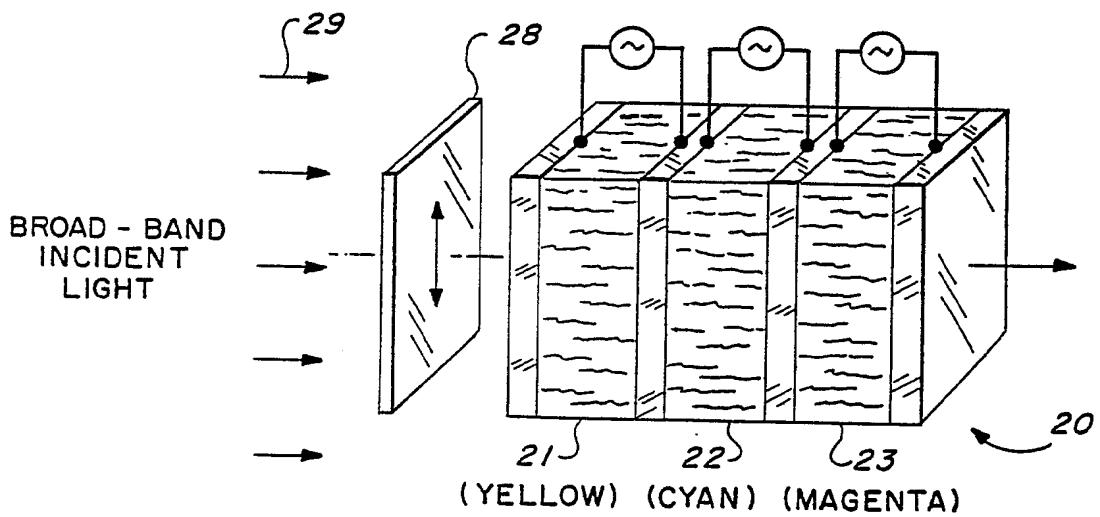
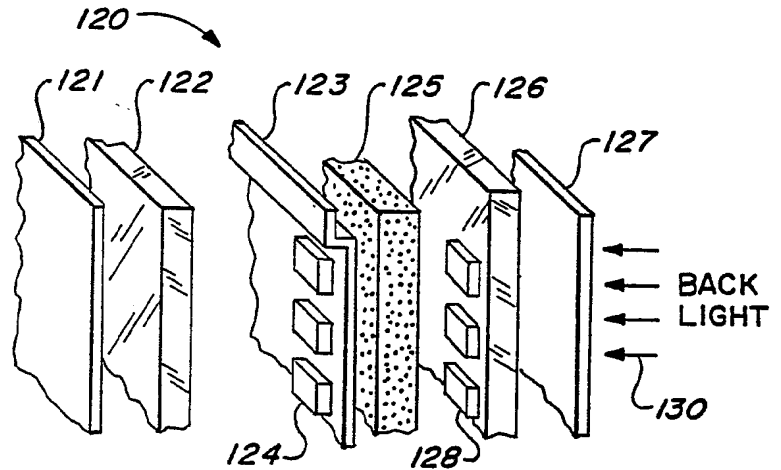
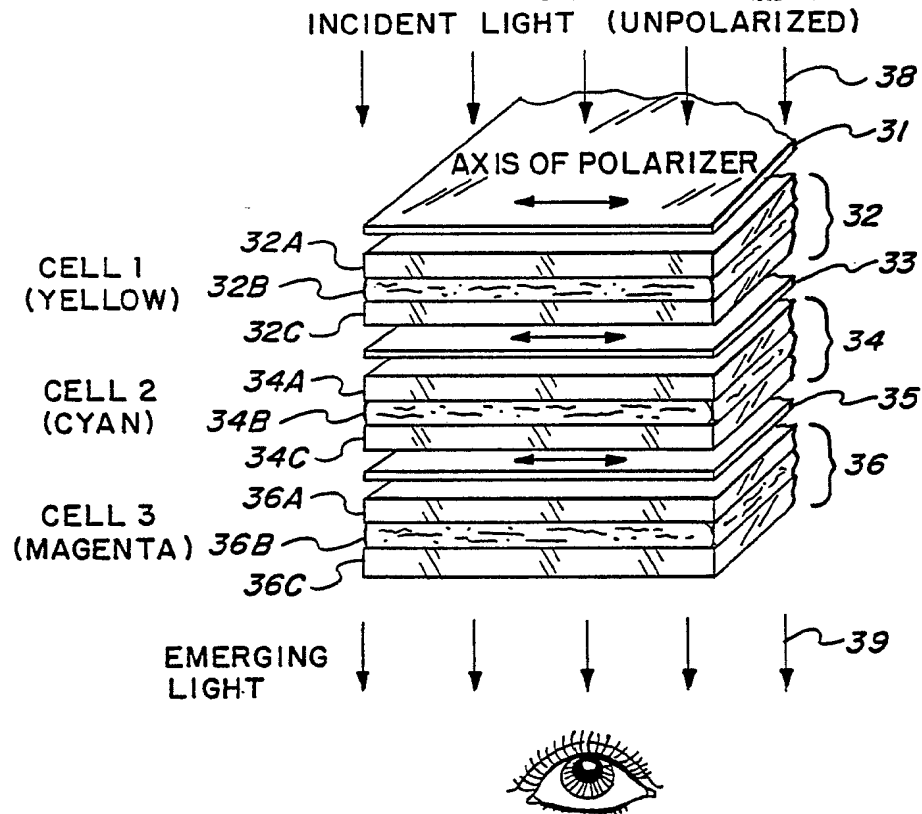


FIG. 2.

Neu eingereicht / Newly filed
Nouvellement déposé



* DICHROIC DYE ABSORBING $\bar{0}$
DICHROIC DYE NON-ABSORBING $\bar{0}$

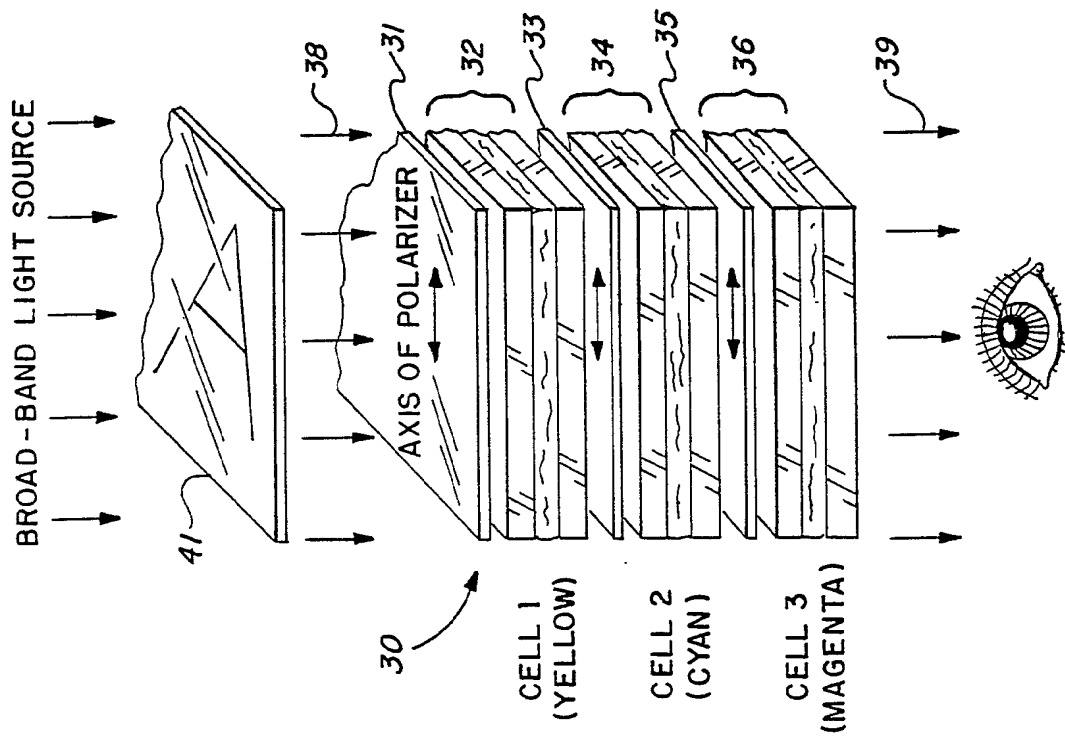
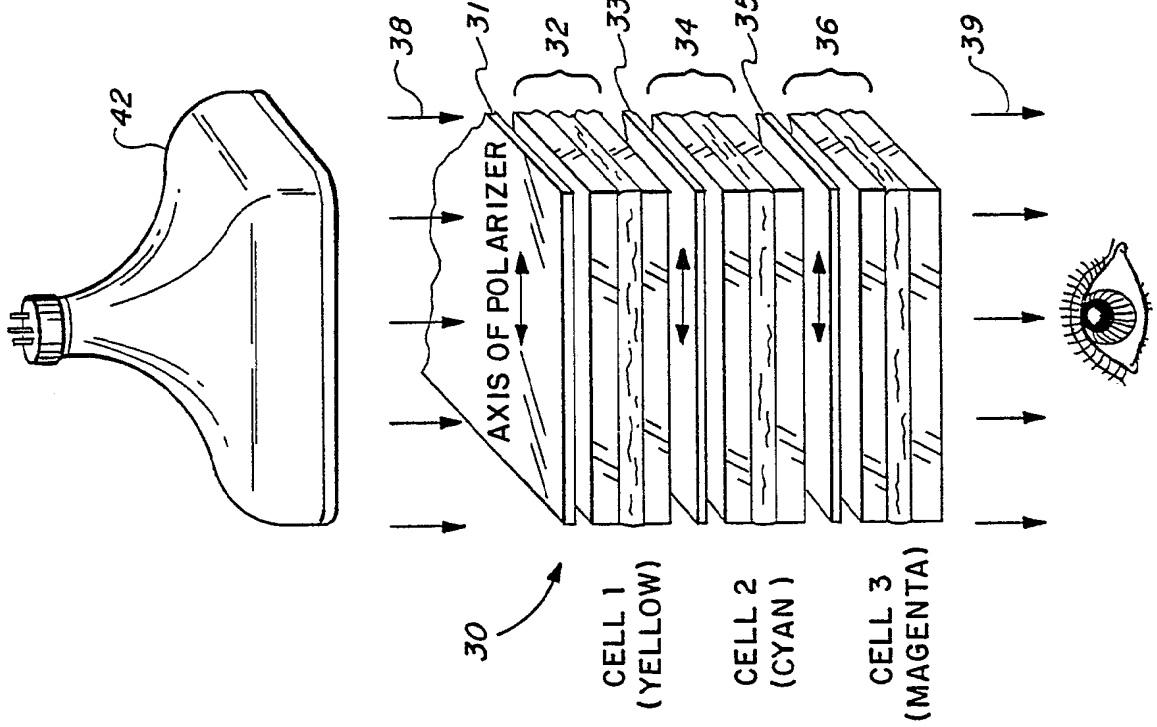
FIG. 3A.

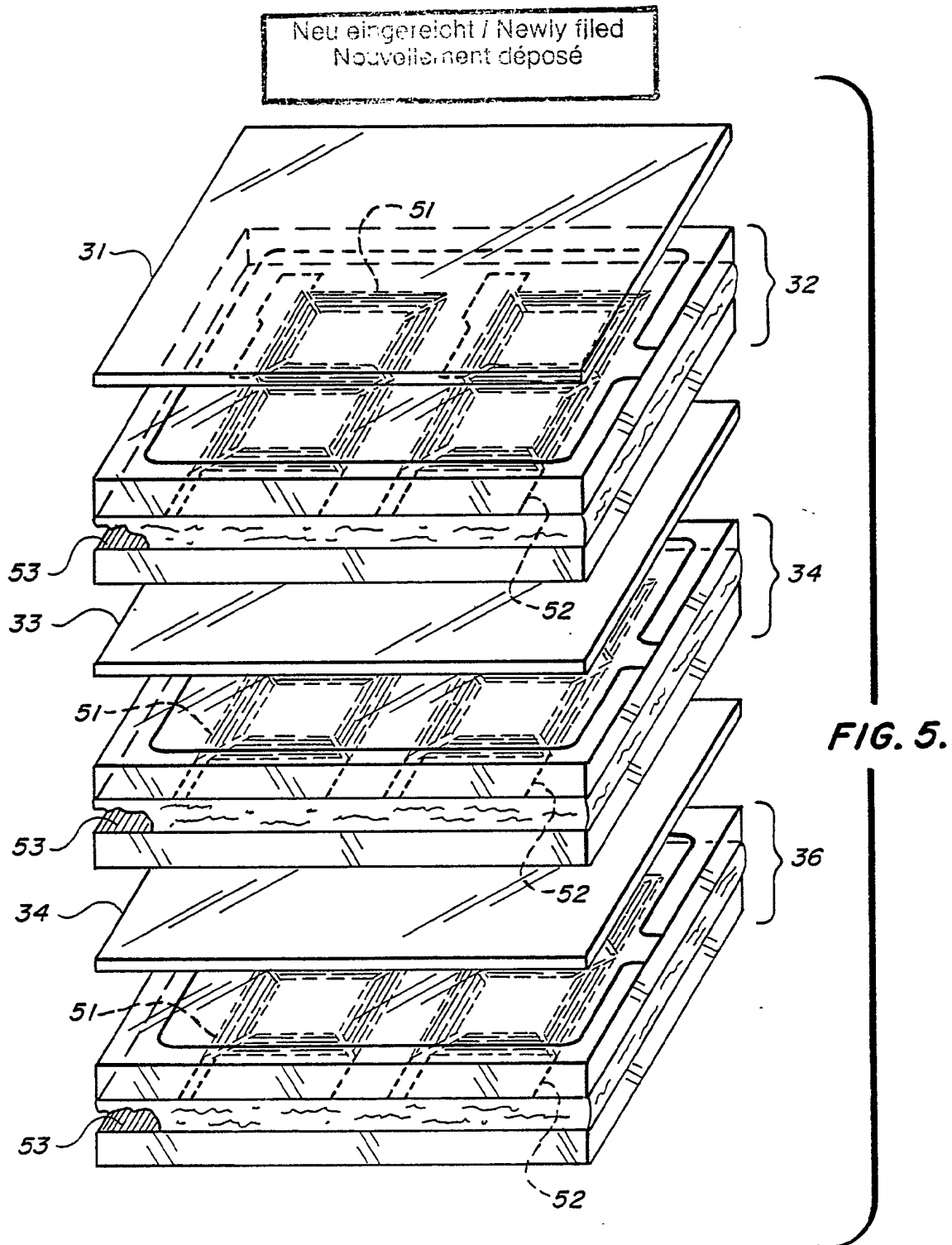
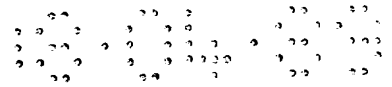
CELL 1 (YELLOW)	OFF	OFF	ON	OFF
CELL 2 (CYAN)	ON	OFF	OFF	ON
CELL 3 (MAGENTA)	OFF	ON	OFF	ON
EMERGING LIGHT	RED	GREEN	BLUE	YELLOW

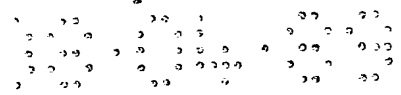
OFF = ABSORBING

ON = TRANSMITTING

FIG. 3B.







Neu eingereicht / Newly filed
Nouvellement déposé

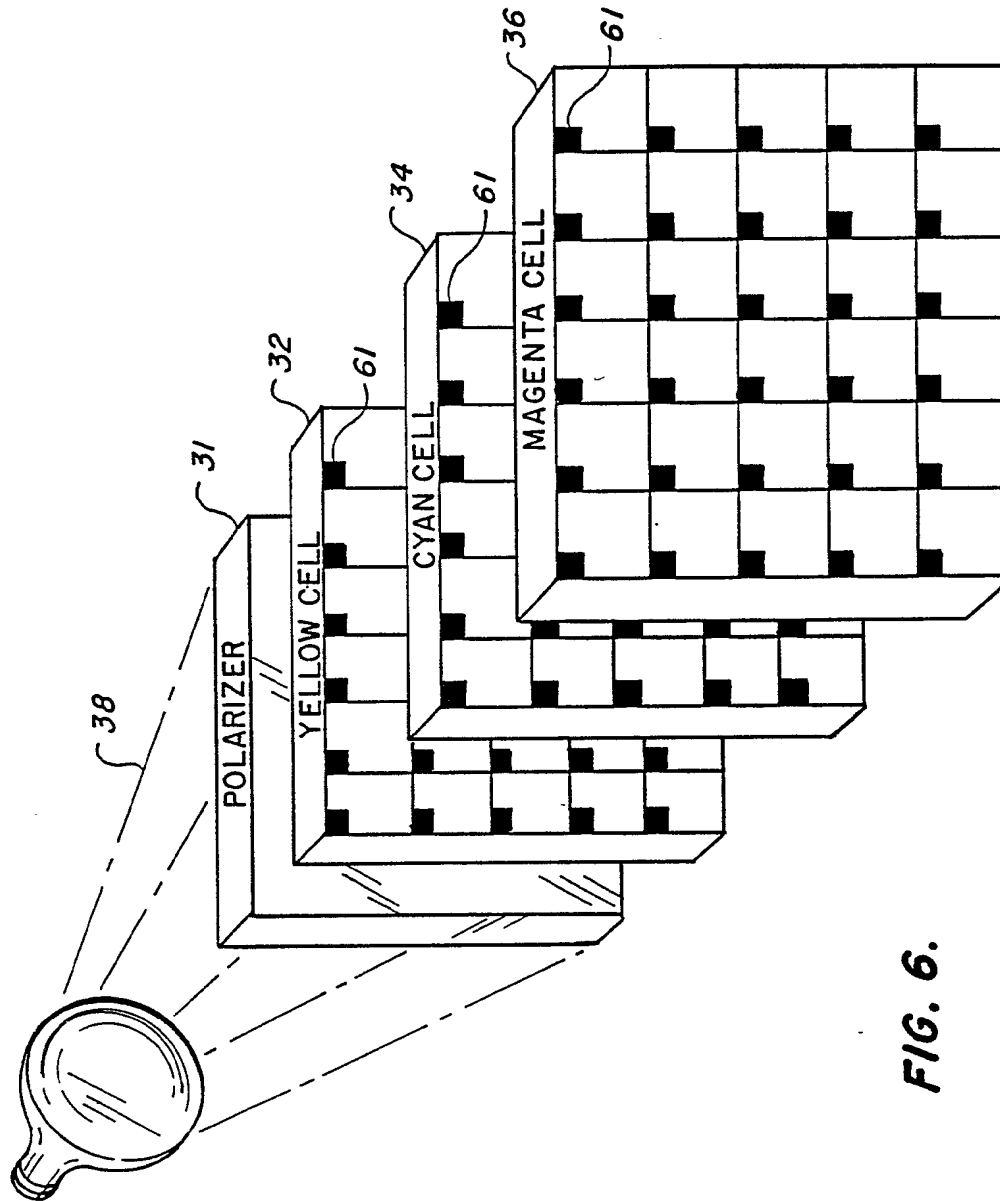


FIG. 6.

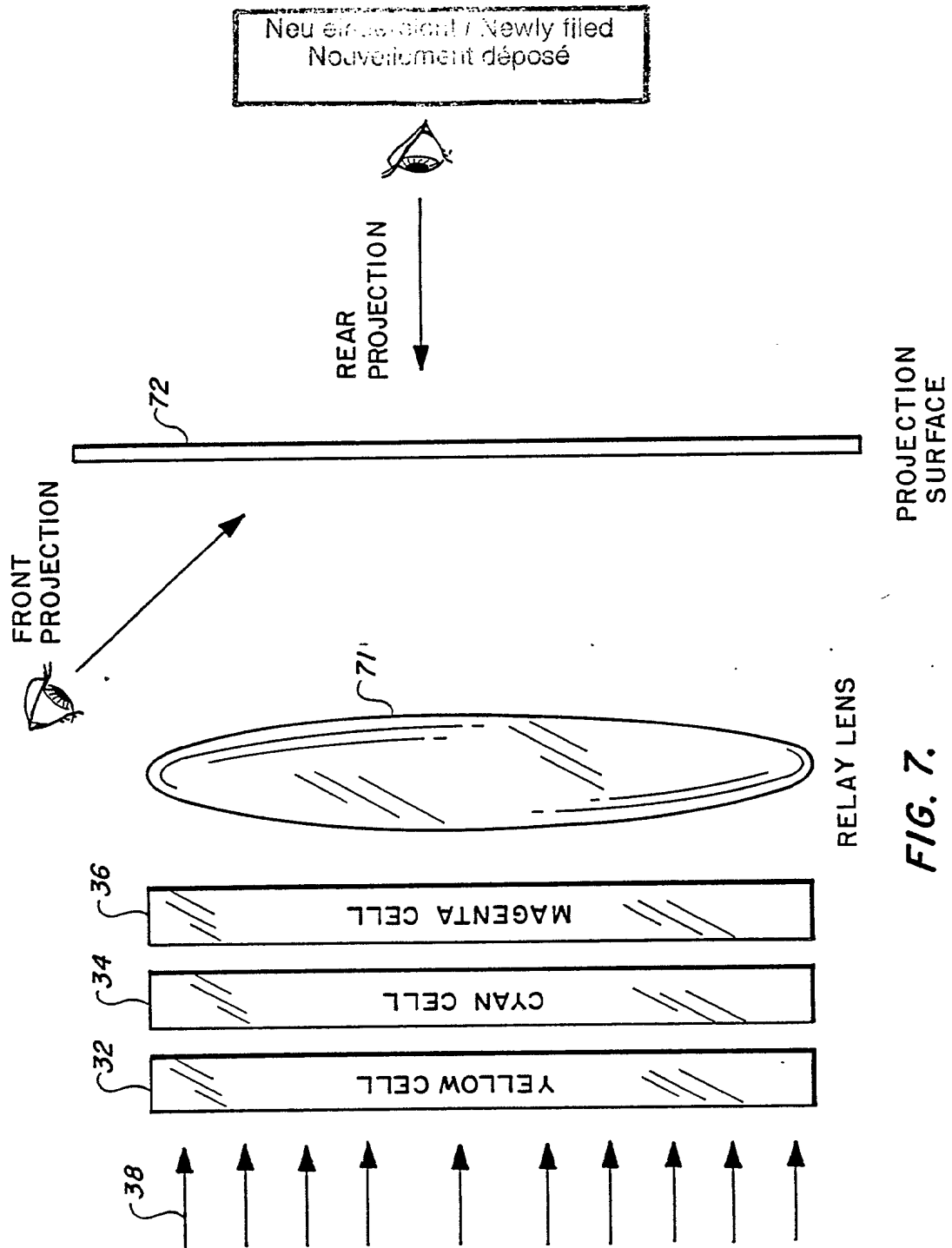
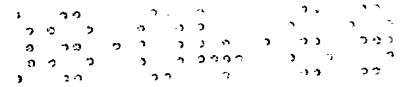


FIG. 7.